FORSCHUNGSBERICHTE DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN

Herausgegeben
im Auftrage des Ministerpräsidenten Heinz Kühn
und des Ministers für Wissenschaft und Forschung Johannes Rau
von Leo Brandt

Nr. 2179

Prof. Dr.-Ing. Dres. h. c. Herwart Opitz
Dr.-Ing. Klaus Brankamp
Dipl.-Ing. Karl-Heinz Kambartel

Laboratorium für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre
der Rhein.-Westf. Techn. Hochschule Aachen

Systematisierung der Angebotsplanung im Rahmen des integrierten Informationsflusses der Unternehmen

EXTRA MATERIALS
extras.springer.com

SPRINGER FACHMEDIEN WIESBADEN GMBH

FORSCHUNGSBERICHTE DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN

Nr. 2179

Herausgegeben im Auftrage des Ministerpräsidenten Heinz Kühn
und des Ministers für Wissenschaft und Forschung Johannes Rau
von Leo Brandt

DK 657.478.2:519.272

Prof. Dr.-Ing. Dres. h. c. Herwart Opitz
Dr.-Ing. Klaus Brankamp
Dipl.-Ing. Karl-Heinz Kambartel

Laboratorium für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre
der Rhein.-Westf. Techn. Hochschule Aachen

Systematisierung der Angebotsplanung im Rahmen des integrierten Informationsflusses der Unternehmen

SPRINGER FACHMEDIEN WIESBADEN GMBH 1971

Additional material to this book can be downloaded from http://extras.springer.com

ISBN 978-3-531-02179-9 ISBN 978-3-663-19719-5 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-663-19719-5

© 1971 by Springer Fachmedien Wiesbaden

Ursprünglich erschienen bei Westdeutscher Verlag GmbH, Opladen 1971

Gesamtherstellung: Westdeutscher Verlag

Inhalt

1. Einleitung 5

2. Aufgabenstellung im Rahmen der Angebotsplanung 6

3. Situation der Angebotsplanung in Industrieunternehmen 8

3.1 Technische Angebotsplanung 9
3.2 Angebotsterminplanung 10
3.3 Angebotskalkulation 12
3.4 Juristische Bedingungen 16

4. Voraussetzungen und Möglichkeiten einer systematischen Angebotsplanung .. 17

4.1 Forderungen an eine systematische Angebotsplanung 17
4.2 Hilfsmittel zur Datenaufbereitung 18
4.2.1 Pflichtenheft 19
4.2.2 Erzeugnisgliederung 20
4.2.3 Klassifizierungssysteme 22
4.2.3.1 Klassifizierungssystem für Anlagen und Geräte 23
4.2.3.2 Klassifizierungssystem für Baugruppen 27
4.2.4 Gliederung der Produktion 31
4.3 Systematische Aufbereitung der Istdaten 33
4.3.1 Daten der Zeit- und Ablaufplanung 33
4.3.2 Daten der Kalkulation 40
4.4 Mathematisch-statistische Methoden als Hilfsmittel der Angebotsplanung 43
4.4.1 Grundlagen der Regressionsrechnung 43
4.4.2 Einsatzmöglichkeiten im Hinblick auf vorhandene Daten 48

5. Darstellung eines Sollablaufs für die Angebotsplanung 52

6. Zusammenfassung 59

7. Literaturverzeichnis 61

1. Einleitung

Die Bemühungen um Rationalisierung, die in den letzten Jahren in immer stärkerem Maße zugenommen haben, verfolgen letztlich alle das Ziel der Kostensenkung. Jedoch haben sich dabei gerade in jüngster Zeit die Schwerpunkte für den Einsatz geeigneter Maßnahmen innerhalb des Unternehmens verschoben. Bisher richtete sich das Augenmerk fast ausschließlich auf den Fertigungsbereich, denn die Entwicklung neuer Fertigungsverfahren sowie die Verbesserungen der Fertigungsmethoden ließen eine Verminderung der Kosten sofort erkennen. Das Ergebnis dieser Bestrebungen ist ein hoher technischer Entwicklungsstand, der heute durch den Einsatz von Automaten, NC-Maschinen und Bearbeitungszentren zum Ausdruck kommt.
Die Weiterentwicklung der Fertigungsverfahren wird auch in Zukunft Vorteile erbringen können, jedoch werden in der Industrie gegenwärtig vermehrte Anstrengungen zu Verbesserungen im Bereich der Verwaltung und Betriebsorganisation gemacht, da dort zur Zeit kostensenkende Maßnahmen vielfach mit größerem Effekt durchgeführt werden können. Der Schwerpunkt der Rationalisierungsbemühungen verlagert sich daher von den ausschließlich technischen mehr zu den technisch-organisatorischen Problemen. Unterstützt wird diese Tendenz weiterhin durch die Einsatzmöglichkeit moderner Hilfsmittel, die insbesondere in der elektronischen Datenverarbeitung den Unternehmen zur Verfügung stehen.
Jedes Unternehmen ist nach einem Organisationsschema untergliedert, das die einzelnen Unternehmensbereiche gegeneinander abgrenzt und ihnen ganz bestimmte Funktionen und Aufgaben überträgt. Diese Aufgaben können zunächst als Probleme weitgehend selbständig gelöst werden, wie zum Beispiel die Planung der Produkte, die Konstruktion und Fertigungsvorbereitung, die Steuerung des Betriebsgeschehens, die Disposition, die Verwaltungsaufgaben im Lager- und Rechnungswesen usw. Eine für das Gesamtunternehmen befriedigende Lösung läßt sich jedoch erst durch das Zusammenwirken und die gegenseitige Ergänzung der einzelnen Abteilungen erreichen. Die dabei immer wieder auftretenden Schwierigkeiten liegen

- in der Vielzahl der anfallenden und zu verarbeitenden Einzelinformationen,
- in der zweckmäßigen Verarbeitung und Verdichtung der Daten sowie
- in dem Fehlen eindeutig vorgegebener Informationswege.

Eine rationelle und wirtschaftliche Beschaffung, Verarbeitung und Weitergabe der benötigten Informationen ist aber nur möglich, wenn alle notwendigen Abläufe bekannt sind und wenn mittels eines sinnvollen Informationsflusses zweckentsprechend verdichtete Daten zu den einzelnen Bearbeitungsstationen gelangen.
Diese Forderungen sind besonders für den Bereich der Angebotsplanung von zentraler Bedeutung, denn der ständig wachsende Konkurrenzkampf zwingt zur Erstellung präziser Angebote, die den Interessenten in kürzester Zeit erreichen müssen.
Ausgehend von einer Analyse des gegenwärtigen Standes der Planung im Unternehmen werden in dieser Arbeit Möglichkeiten einer systematischen Angebotsplanung aufgezeigt.

2. Aufgabenstellung im Rahmen der Angebotsplanung

Die Angebotsplanung umfaßt alle Maßnahmen, die zur Erstellung eines Angebots mit dem Ziel des Produktabsatzes und unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit des Unternehmens erforderlich sind.
Entsprechend dieser Definition liegt die Hauptaufgabe der Angebotsplanung in der Erarbeitung der Daten, die ein Angebot ausmachen. Auf Grund dieser Daten soll sich dann der Interessent für die Bestellung an das anbietende Unternehmen entscheiden.
Gleichzeitig muß im Falle eines Auftrages gewährleistet sein, daß die damit verbundenen Kosten niedriger sind als der erzielbare Ertrag, so daß dem Unternehmen aus der Bestellung auch ein effektiver Gewinn erwächst.
Ausgangsbasis der Angebotsplanung ist in Unternehmen der Auftragsfertigung die konkrete Anfrage des Kunden bezüglich eines nach seinen Wünschen zu fertigenden Produktes (Abb. 1). Auf Grund dieser Anfrage werden von den einzelnen Abteilungen – dies sind die technische Planung, die Terminplanung, die Angebotskalkulation und die juristische Beratung – die Daten für das kundenspezifische Angebot erstellt.
In Unternehmen der Serienfertigung geht die Angebotsplanung von dem durch Markt-

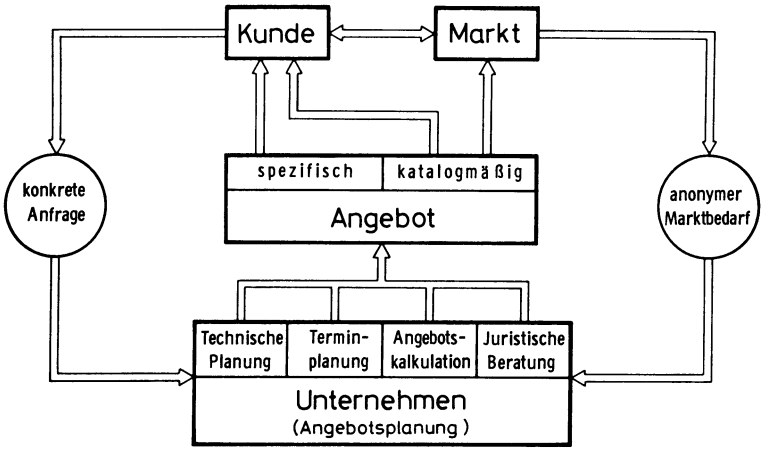


Abb. 1 Kenngrößen der Angebotsplanung

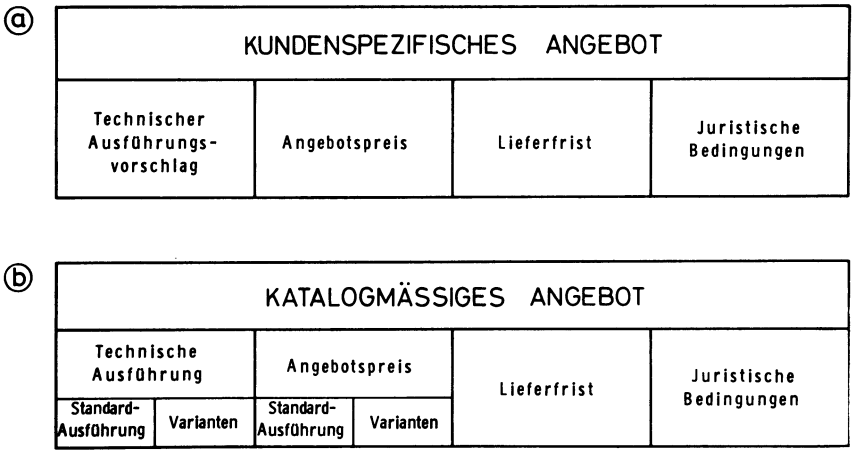


Abb. 2 Inhalt des Angebotes bei Einzel- (a) und Serienfertigung (b)

beobachtungen und -analysen festgestellten Marktbedarf aus. Dieser Marktbedarf ist anonym, das heißt, ihm liegt keine personifizierte Nachfrage zugrunde. Entsprechend kann auch das Angebot für ein diesen Marktbedarf befriedigendes Produkt keinem bestimmten Interessenten zugeleitet werden. Es wird daher als katalogmäßiges Angebot dem Markt zugänglich gemacht. Im allgemeinen geschieht dies auf Fachmessen in Verbindung mit der Vorstellung des Prototyps.
Wie aus Abb. 1 weiter hervorgeht, werden aber auch an die Unternehmen der Serienfertigung in immer verstärktem Maße Sonderwünsche bezüglich des laufenden Produktionsprogrammes herangetragen. Das katalogmäßige Angebot ist daher in vielen Fällen von der Angebotsplanung zu überarbeiten bzw. durch ein spezifisches Angebot zu ergänzen.
Welche Angaben müssen nun in der Regel in einem Angebot enthalten sein?
Das kundenspezifische Angebot umfaßt den technischen Ausführungsvorschlag des gewünschten Erzeugnisses, den geforderten Preis, die Lieferfrist sowie die juristischen Bedingungen für eine Lieferung (Abb. 2a). Letztere erstrecken sich sowohl auf Zahlungsbedingungen und etwaige Kreditzusagen als auch auf zu übernehmende Gewährleistungsverpflichtungen.
Das technische Angebot wird primär auf Grund der Forderungen und Wünsche des Kunden konzipiert. Daneben sind jedoch die technischen Gegebenheiten des Unternehmens zu beachten, die eine spätere Produktion ermöglichen müssen. Unter Umständen werden dadurch der Angebotsplanung Grenzen hinsichtlich der Realisierung des Kundenwunsches gesetzt, so daß in der Auftragsfertigung zweckmäßig von einem technischen Ausführungsvorschlag gesprochen wird.
Im allgemeinen wird sich der Kunde diesem Vorschlag nicht verschließen, wenn die erwartete Leistung des Erzeugnisses gewahrt bleibt. Für ihn sind in erster Linie Preis und Lieferfrist ausschlaggebend für die Auftragsvergabe. Die Lieferfrist ist dabei als der Zeitraum vom Bestellzeitpunkt durch den Kunden bis zum Tage der Lieferung durch das Unternehmen definiert.
Diese beiden Daten müssen daher von der Angebotsplanung in einer vorausschauenden Rechnung so genau bestimmt werden, daß

1. der Auftrag nicht durch überhöhte Preisforderungen an die Konkurrenz verlorengeht;
2. die bei der späteren Auftragsabwicklung anfallenden Kosten unter Einbeziehung eines entsprechenden Gewinns auch tatsächlich gedeckt sind und
3. der Auftrag unter normalen Arbeitsbedingungen termingerecht fertiggestellt werden kann.

Das katalogmäßige Angebot beinhaltet die technische Ausführung, den Angebotspreis, die Lieferfrist und die juristischen Bedingungen für ein im Produktionsprogramm befindliches Produkt (Abb. 2b).
Im Gegensatz zur Auftragsfertigung beziehen sich diese Angaben auf ein bereits gefertigtes bzw. bis ins Detail konstruktiv festgelegtes Erzeugnis. Angebotspreis und technische Ausführung umfassen dabei sowohl das Standardgerät als auch seine möglichen Varianten. Probleme bei der Ermittlung der Lieferfrist bestehen in der Regel nicht, da die Erzeugnisse komplett und/oder in Baugruppen vormontiert auf Lager liegen. Bezüglich des laufenden Produktionsprogramms eingehende Anfragen können damit sehr kurzfristig und genau beantwortet werden. Wie aber schon gesagt, gehen die Kundenwünsche sehr oft über diesen Rahmen hinaus. In solchen Fällen ergeben sich für die Angebotsplanung analog zu den Unternehmen der Auftragsfertigung gelagerte Aufgaben- und Problemstellungen.

An Hand von Untersuchungen in verschiedenen Unternehmen des Maschinenbaus werden im folgenden die derzeitigen Verfahren und Möglichkeiten zur Angebotserstellung in der Auftragsfertigung aufgezeigt.

3. Situation der Angebotsplanung in Industrieunternehmen

Ein wesentliches Merkmal der Angebotsplanung ist die Tatsache, daß im allgemeinen nur ein geringer Teil der abgegebenen Angebote in Bestellungen umgewandelt wird. Der Interessent holt in der Regel von mehreren Unternehmen Angebote ein, wird aber letztlich der Firma den Auftrag erteilen, deren Angebot ihm am günstigsten erscheint. So ergibt sich für viele Unternehmen nur eine Auftragsrate – sie ist das Verhältnis von Aufträgen zu abgegebenen Angeboten – von 10% und weniger. Das heißt aber, daß die Kosten für ca. 90 von 100 abgegebenen Angeboten über die Gemeinkosten den eigentlichen Aufträgen angelastet werden müssen.
Abb. 3 zeigt das Ergebnis einer Untersuchung in einem Unternehmen des Maschinenbaus über die Zahl der abgegebenen Angebote und die während dieser Zeit eingetroffenen Bestellungen für einen bestimmten Maschinentyp. In der Verteilung sind insgesamt 763 Angebote und 139 Bestellungen enthalten. Daraus ergibt sich eine mittlere Auftragsrate von 18%. Dieser Wert liegt wesentlich über dem Branchendurchschnitt. Allerdings konnten die Unterlagen nur unvollständig ausgewertet werden. So sind zwar alle Bestellungen, nicht aber alle sogenannten »Proforma«-Angebote, zum Beispiel von in- und ausländischen Vertretungen, erfaßt [1].

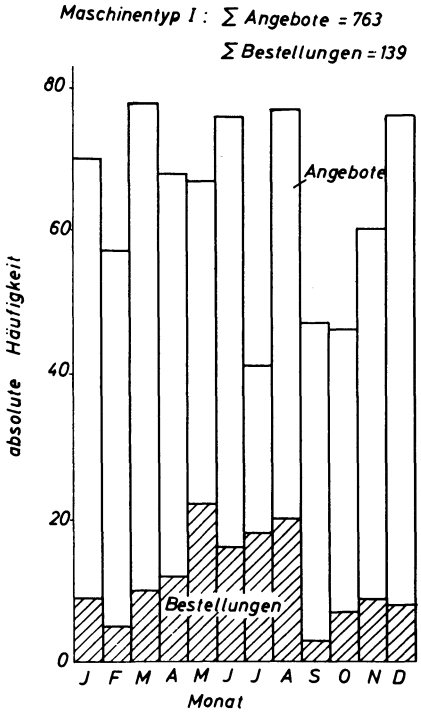


Abb. 3 Häufigkeitsverteilung für Angebote und Bestellungen

Diese Unsicherheit bei der Umwandlung von Angeboten in Bestellungen geht aus Abb. 4 noch klarer hervor. Hier ist das Verhältnis von Bestellungen zu Angeboten für die einzelnen Monate des insgesamt betrachteten Zeitraumes von einem Jahr aufgetragen. Es zeigt sich, daß die sogenannte Auftragsrate A_i doch beträchtlichen Schwankungen unterliegt.

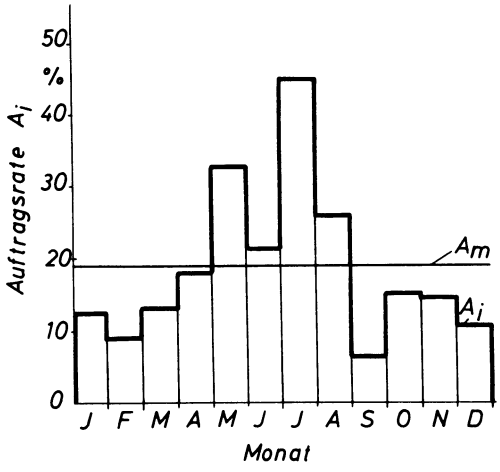


Abb. 4 Verteilung der Auftragsrate

Die Gründe für die geringe und unsichere Erfolgschance bei der Angebotsabgabe werden ersichtlich, wenn man die Angebotsplanung in bezug auf die Erstellung der Angebotsdaten einer näheren Betrachtung unterzieht.

3.1 Technische Angebotsplanung

Aufgabe der technischen Angebotsplanung ist es einmal, die technische Lösung für das vom Kunden gewünschte Produkt zu erarbeiten. Zum anderen stellt sie damit die wesentlichen Unterlagen für die nachfolgende Angebotskalkulation und -terminierung bereit. Dabei treten immer wieder zwei Schwierigkeiten auf:

1. Der Kunde weiß im allgemeinen nicht, welche Angaben zur technischen Auslegung und Bestimmung des von ihm gewünschten Produktes benötigt werden; seine Anfrage ist dementsprechend global formuliert.
Zur eindeutigen Klärung des Kundenwunsches bedarf es daher zeitraubender Rückfragen von seiten der technischen Angebotsplanung. Dadurch wird der Beginn der konkreten Angebotsbearbeitung und damit der Abgabetermin des Angebotes unter Umständen sehr weit hinausgeschoben.
2. Ein gezielter Rückgriff auf vorhandene Unterlagen bereits abgewickelter Aufträge und Angebote ist häufig nicht möglich.
Die Gründe hierfür sind in einer unzureichenden Zerlegung des Erzeugnisses in Baugruppen sowie in der fehlenden Möglichkeit des systematischen Rückgriffs auf die vorhandenen Daten zu suchen.
So haben Untersuchungen in verschiedenen Maschinenbau-Unternehmen ergeben, daß ein Erzeugnis 10-, 15- oder gar 20mal während des betrieblichen Durchlaufs umgegliedert wurde. Dabei ist meist festzustellen, daß die in der Konstruktion nach funktionalen Gesichtspunkten abgegrenzten Baugruppen den Belangen der nachfolgenden Produktionsbereiche, wie Arbeitsvorbereitung, Montage, Lagerhaltung, Beschaffungswesen, Kalkulation, Vertrieb usw., nicht genügen. Die Folge ist, daß mehrere Stück-

listensätze für ein und dasselbe Erzeugnis erstellt werden, die unterschiedlichen Aufbau und demzufolge auch unterschiedliche Sachnummern haben [2]. Die Vergleichbarkeit der technischen Unterlagen ist damit nicht mehr gegeben.
Da die Unterlagen bereits abgewickelter Aufträge im allgemeinen geschlossen unter der Auftragsnummer abgelegt werden, ist ein eventueller Zugriff zu einzelnen Baugruppen mit langwieriger Sucharbeit verbunden, deren Ergebnis außerdem noch ungewiß ist. Dadurch wird der einzelne Sachbearbeiter gleichsam veranlaßt, von vornherein neu zu planen.

Diese ständige Neuplanung des technischen Angebotes zieht eine Neuplanung in Angebotskalkulation und -terminierung nach sich.

3.2 Angebotsterminplanung

Obgleich die Lieferfrist seit geraumer Zeit zu einem echten Verkaufsargument geworden ist, wird der Angebotsterminplanung in der Praxis nur geringe Bedeutung zugemessen. Die Liefertermine werden meist ohne konkrete Planungen geschätzt oder festgesetzt. Im äußersten Fall erstreckt sich die Angebotsterminierung auf eine überschlägige Planung für den Fertigungsbereich, da dieser als der eigentliche Engpaß bei der späteren Auftragsabwicklung angesehen wird. Dabei wird jedoch oft nicht beachtet, daß die Durchführungsfristen in den der Fertigung vorgelagerten Bereichen wesentlich größer sind als in der Fertigung selbst [1, 3].
Abb. 5 zeigt die auf die Gesamtdurchlaufzeit bezogenen Teildurchlaufzeiten von Projekten eines Unternehmens der Einzelfertigung für die Bereiche Konstruktion, Beschaffung und Arbeitsvorbereitung, für die Fertigung selbst sowie für die Montage. Die Fertigung und die Montage beanspruchen jeweils nur zwischen 11% und 30% der Gesamtdurchlaufzeit, die vorgelagerten Bereiche jedoch zwischen 51% und 70%. Wenn nun die Bearbeitung der Aufträge in den Vorausabteilungen terminlich zurückbleibt, ist in der Fertigung meist kein geordneter Durchlauf mehr möglich, so daß die Bereiche Konstruktion, Arbeitsvorbereitung und Beschaffung ebenso Engpässe darstellen wie die Fertigung.

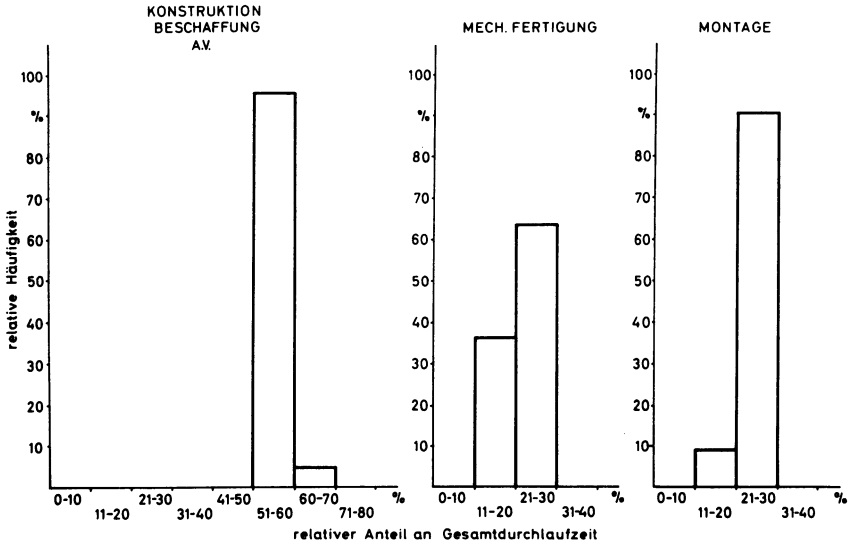


Abb. 5 Verteilung der relativen Durchlaufzeiten von Aufträgen für verschiedene Unternehmensbereiche

Ein weiterer den Liefertermin beeinflussender Faktor, der ebenfalls kaum berücksichtigt wird, resultiert daraus, daß gleichzeitig an die verschiedensten Kunden Angebote abgegeben werden.
Im allgemeinen liegt zwischen Angebotsabgabe und Bestelleingang eine große Zeitspanne. Es ist somit ziemlich sicher, daß zum Bestellzeitpunkt ein Teil der schon vorher abgegebenen Angebote in Aufträge umgewandelt wurde und damit völlig andere Gegebenheiten der Produktion vorliegen als zum Planungszeitpunkt. Abb. 6 zeigt die Ergebnisse einer entsprechenden Untersuchung. Daraus ist zu entnehmen, daß bei den 83 erfaßten Bestellungen die Frist zwischen Abgabe des Angebotes und Eintreffen der Bestellung bis zu 8 Monaten beträgt. Die eingezeichnete Summenkurve besagt, daß etwa 85% dieser Bestellungen zwischen einem und 4 Monaten nach der Angebotsabgabe eingegangen sind [1, 3].

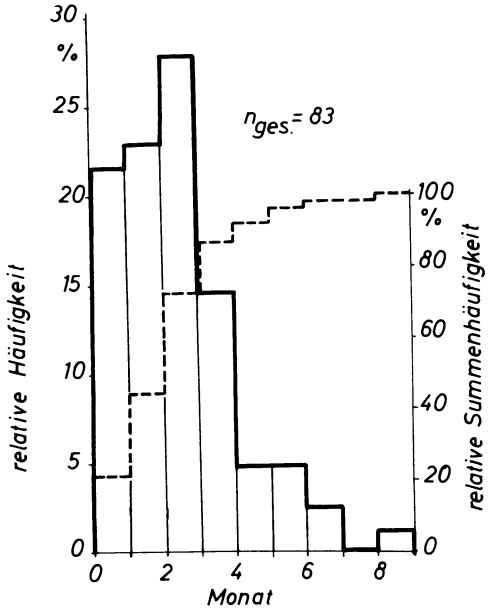


Abb. 6 Frist zwischen Angebotsabgabe und Bestelleingang

Welche Auswirkungen sich durch die Vernachlässigung der konkurrierenden Angebote auf den Liefertermin ergeben, geht aus einer Gegenüberstellung des Kapazitätsbedarfs dieser Angebote mit dem Kapazitätsbedarf der aus diesen Angeboten eingegangenen Bestellungen hervor. In Abb. 7 sind die Ergebnisse einer entsprechenden Untersuchung dargestellt.
Das Beispiel stammt aus dem Bereich Apparatebau, der jährlich etwa 1000 Angebote herausgibt [4]. Im Mittel beträgt das Verhältnis Bestellungen zu Angebote etwa 7%. Entsprechend dieser Wahrscheinlichkeit, mit der die Angebote realisiert werden, wurde als Kapazitätsgrenze für die Angebotsterminplanung das 14fache der Fertigungskapazität angesetzt, wie es in Abb. 7 dargestellt ist. Das eingezeichnete Belastungsprofil der Angebote sinkt auf einen bestimmten Prozentsatz zusammen, wenn zu einem Bezugszeitpunkt alle nicht in Bestellungen umgewandelten Angebote gelöscht werden. Dieser Zustand ist im unteren Teil des Bildes für den Bezugszeitpunkt eingezeichnet.
Das Belastungsgebirge für Angebote spiegelt quasi die Situation im Angebotssektor wider, die sich auch in der späteren Auftragssituation niederschlägt. Die Einbeziehung aller Produktionsbereiche sowie die Berücksichtigung der konkurrierenden Angebote

bei der Ermittlung der Lieferfrist sind folglich notwendige Voraussetzungen, um im Falle einer Bestellung die reibungslose und termingerechte Auftragsabwicklung zu gewährleisten.

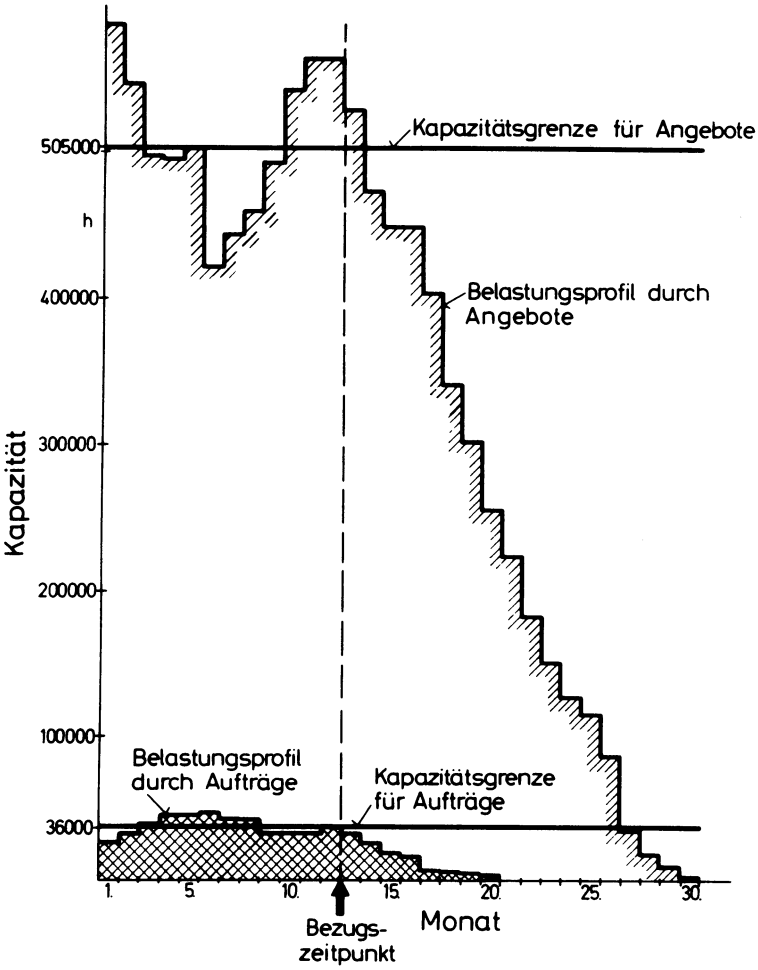


Abb. 7 Gegenüberstellung des Kapazitätsbedarfs von Angeboten und Aufträgen

3.3 Angebotskalkulation

Aufgabe der Angebotskalkulation ist es, den Preis für das vom Kunden gewünschte Produkt zu ermitteln. Dazu sind zunächst in einer vorausschauenden Rechnung die bei der späteren Auftragsabwicklung anfallenden Selbstkosten festzulegen. In Abb. 8 ist dargestellt, um welche Kostenanteile es sich dabei im einzelnen handelt. Die angegebenen Prozentzahlen sind statistische Werte aus dem Maschinenbau [5].
Den größten Anteil der Selbstkosten eines Erzeugnisses machen danach die Stoffeinzelkosten mit 40% aus. Zusammen mit den Fertigungslöhnen und den Fertigungs- und Stoffgemeinkosten ergeben sie die Herstellkosten, die mit 87% nahezu allein preisbestimmend sind.
Die exakte Ermittlung der Herstellkosten stellt damit das eigentliche Problem der Angebotskalkulation dar. Die Schwierigkeiten einer genauen Kostenerfassung treten besonders in den Unternehmen der Auftragsfertigung zutage. Hier liegen zur Berech-

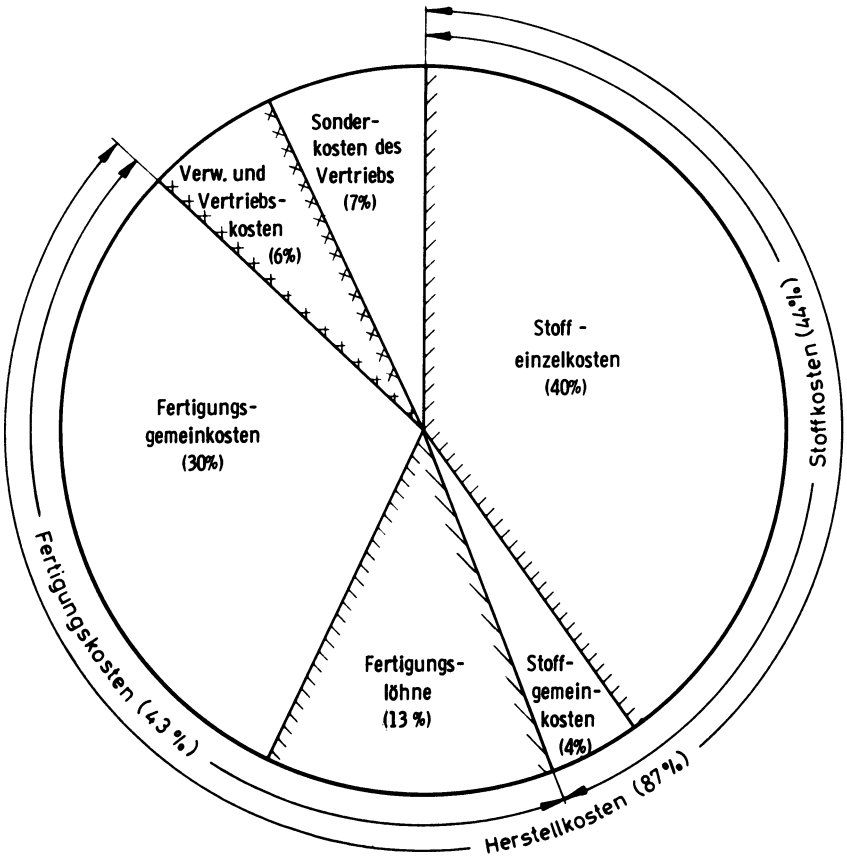


Abb. 8 Aufgliederung der Selbstkosten

nung der Herstellkosten auf Grund der ganz spezifischen Kundenwünsche nur wenig »echte« Vergleichswerte aus früheren Aufträgen vor. Eine detaillierte Angebotskalkulation, der auch eine bis ins Detail ausgeführte konstruktive Lösung vorangehen müßte, bedingt aber auf Grund der schon erwähnten geringen Realisierungschance des Angebots einen nicht zu vertretenden Aufwand.
Der Angebotskalkulation stehen daher in den meisten Fällen neben den Unterlagen bereits abgewickelter Aufträge und Angebote ähnlichen Umfangs nur die Daten und Informationen des technischen Angebotes zur Verfügung. Dies sind in der Regel

- der Entwurf des technischen Ausführungsvorschlages,
- eine Aufstellung der wesentlichen Baugruppen des Erzeugnisses,
- die Fertiggewichte und Materialangaben der Baugruppen,
- die Zusammenstellung der Zukaufteile und -gruppen.

Die Praxis wendet unter den genannten Umständen vielfach ein Verfahren an, bei dem die Herstellkosten in Abhängigkeit vom Gewicht ermittelt werden. Der Kalkulator multipliziert dabei die Fertiggewichte der Baugruppen des neuen Produktes mit den sogenannten »Kilokosten« – das sind die Herstellkosten pro Kilopond Fertiggewicht – bereits früher kalkulierter Baugruppen ähnlichen Umfangs. Dabei wird unterstellt, daß zwischen Herstellkosten und Gewicht eine Korrelation besteht.
Aus der Beziehung zwischen Stoff-, Fertigungs- und Herstellkosten (Abb. 8) kann man aber leicht ableiten, daß diese Annahme nur bei gleichen Verhältnissen von Fertigungs-

zu Stoffkosten richtig ist und darüber hinaus nur bei materialintensiven Gruppen zu brauchbaren Lösungen führt:

$$HK = SK + FK$$

$$SK = SEK(1 + c_1)$$

$$SEK = c_2 \cdot G$$

$$SK = c \cdot G$$

$$HK = c \cdot G + FK$$

$$\frac{HK}{G} = c + \frac{FK}{G}$$

$$\frac{HK}{G} = c + c\,\frac{FK}{SK}$$

$$\boxed{HK = c \cdot G\left(1 + \frac{FK}{SK}\right)}$$

mit:

HK = Herstellkosten, SK = Stoffkosten, FK = Fertigungskosten, SEK = Stoffeinzelkosten, c_1 = Stoffgemeinkostenzuschlag, G = Gewicht, c_2 = Einstandspreis/Kilopond, $c = c_2(1 + c_1)$.

Wie der umrandeten Formel zu entnehmen ist, können die Herstellkosten nur dann über die Kilokosten bestimmt werden, wenn bei den betrachteten Baugruppen das Verhältnis FK/SK gleich ist, bzw. wenn die Stoffkosten gegenüber den Fertigungskosten sehr hoch sind.

Zu welch ungenauen Ergebnissen die allgemeine Anwendung dieses Verfahrens führt, sei an einem praktischen Beispiel aufgezeigt. Es handelt sich um den im linken Teil von Abb. 9 dargestellten Tieflöffel eines Hydraulikbaggers. Der Tieflöffel wurde in fünf unterschiedlichen Größen gefertigt. Die dabei angefallenen Herstellkosten sind im rechten Teil von Abb. 9 über den entsprechenden Fertiggewichten aufgetragen. Die Herstellkosten sind mit einem konstanten Faktor multipliziert und in Einheiten (E) angegeben, wodurch jedoch das Gesamtergebnis nicht beeinflußt wird.

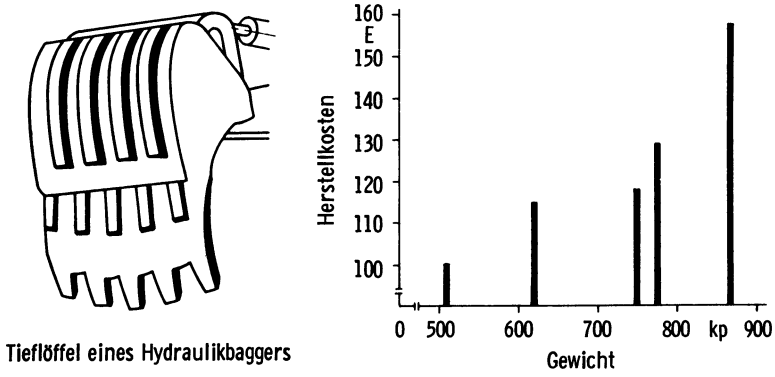


Abb. 9 Herstellkosten und Fertiggewichte von Tieflöffeln

Abb. 10 zeigt die Auswertung dieser Daten bezüglich der Ermittlung der Herstellkosten über die Kilokosten. Neben der laufenden Nummer für die fünf Tieflöffel sind

Nr.	Herstellkosten (E)	Gewicht (kp)	Kilokosten (E/kp)
1	100	510	0,196
2	115	620	0,186
3	118	750	0,157
4	129	775	0,166
5	158	866	0,182

Kilokosten (E/kp)	Gewicht (kp)				
Nr.	1	2	3	4	5
1	100	+5,5	+24,5	+18,2	+7,5
2	-5,2	115	+18,5	+12,1	+2,1
3	-20	-15,6	118	-5,4	-13,8
4	-15,4	-10,7	+5,6	129	-8,8
5	-7,2	-2,1	+15,9	+9,5	158

Abb. 10 Errechnung der Herstellkosten über die Kilokosten
(Mögliche prozentuale Abweichungen am Beispiel eines Tieflöffels)

in der linken Tabelle zunächst noch einmal die dazugehörigen Herstellkosten und Gewichte eingetragen. Die sich daraus ergebenden Kilokosten zeigt Spalte 4. In der Matrix im rechten Teil der Abb. 10 sind nun sämtliche Kombinationsmöglichkeiten aus Kilokosten und Gewichten durchgerechnet. Die dabei auftretenden prozentualen Abweichungen in den Herstellkosten entsprechen den Werten ober- und unterhalb der Diagonalen, während die Diagonale selbst die tatsächlich angefallenen Herstellkosten wiedergibt.

Beispielsweise mögen einem Kalkulator die Kilokosten des Tieflöffels Nr. 2 mit 0,186 E/kp aus einer bereits früher durchgeführten Rechnung vorliegen. Für das neue Angebot seien die Herstellkosten des Tieflöffels Nr. 4 mit dem Gewicht von 775 kp zu bestimmen. Entsprechend dem gegenwärtig angewendeten Verfahren errechnen sie sich aus dem Produkt 775 kp · 0,186 E/kp zu 144 E. Dieser Wert liegt aber um 12,1% über dem tatsächlichen Wert von 129 E. Die extremen Abweichungen treten bei den Kombinationen von Kilokosten und Gewicht in den Fällen 1/3 und 3/1 mit +24,5% bzw. —20% auf.

Abb. 11 zeigt ein weiteres Untersuchungsergebnis über die »Genauigkeit« der gegenwärtigen Angebotskalkulation. Verglichen wurden die Angebots- und Nachkalkula-

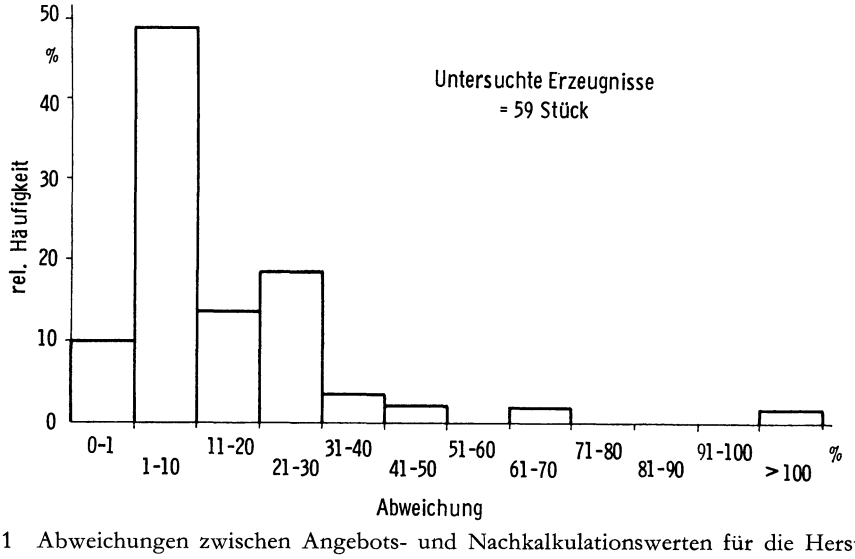


Abb. 11 Abweichungen zwischen Angebots- und Nachkalkulationswerten für die Herstellkosten

tionswerte für die Herstellkosten von 59 Erzeugnissen des Maschinenbaus. Die dabei festgestellten Differenzen sind als Prozentwerte auf der Abszisse aufgetragen.
In nahezu 50% aller Fälle wichen die Werte der Offertkalkulation um 1% bis 10% von denen der Nachkalkulation ab. Abweichungen von mehr als 20% traten bei 16 von 59 Erzeugnissen auf; in einem Fall beliefen sie sich sogar auf mehr als 100%.

3.4 Juristische Bedingungen

Wie die bisherigen Ausführungen gezeigt haben, können bei den derzeitigen Verfahren der Angebotsplanung keine allzu großen Forderungen an die Genauigkeit der Angebotsdaten gestellt werden. Kunde und Unternehmen müssen vielmehr damit rechnen, daß sowohl technische Ausführung als auch Preis und Liefertermin nach der Durchführung des Auftrages Differenzen gegenüber den im Angebot gemachten Angaben aufweisen. Die Probleme, die sich daraus für beide Teile ergeben können, werden durch die juristischen Bedingungen geregelt. Diese umfassen im wesentlichen die Liefer- und Zahlungsbedingungen sowie die Gewährleistung. Ihre Basis sind die Grundlagen des Vertragsrechts im Bürgerlichen Gesetzbuch (BGB), Abschnitt 214 ... 515, insbesondere die §§ 433 ... 515. Die besonderen Bestimmungen über den Handelskauf finden sich im Handelsgesetzbuch (HGB), §§ 343 ... 382 [6].
Das Angebot stellt einen Verkaufsantrag dar, an den das Unternehmen gebunden ist. Änderungen gegenüber den im Angebot gemachten Angaben bedürfen der ausdrücklichen Zustimmung des Kunden. Dies trifft insbesondere auf Preis und Lieferfrist zu, die als entscheidende Kriterien für die Auftragsvergabe anzusehen sind und die der Kunde in seine eigene Planung mit einbeziehen muß. Dazu sei ein bekanntes Beispiel aus jüngster Vergangenheit angeführt [7]. Es betrifft die Errichtung des Tarbela-Staudamms einschließlich sämtlicher Kraftwerksanlagen in Pakistan.
Von vier Konsortien gingen Angebote ein, die in ihrem Gesamtpreis in den Extremfällen fast bis zu 50% voneinander abwichen (Abb. 12). Die Preisforderung des ameri-

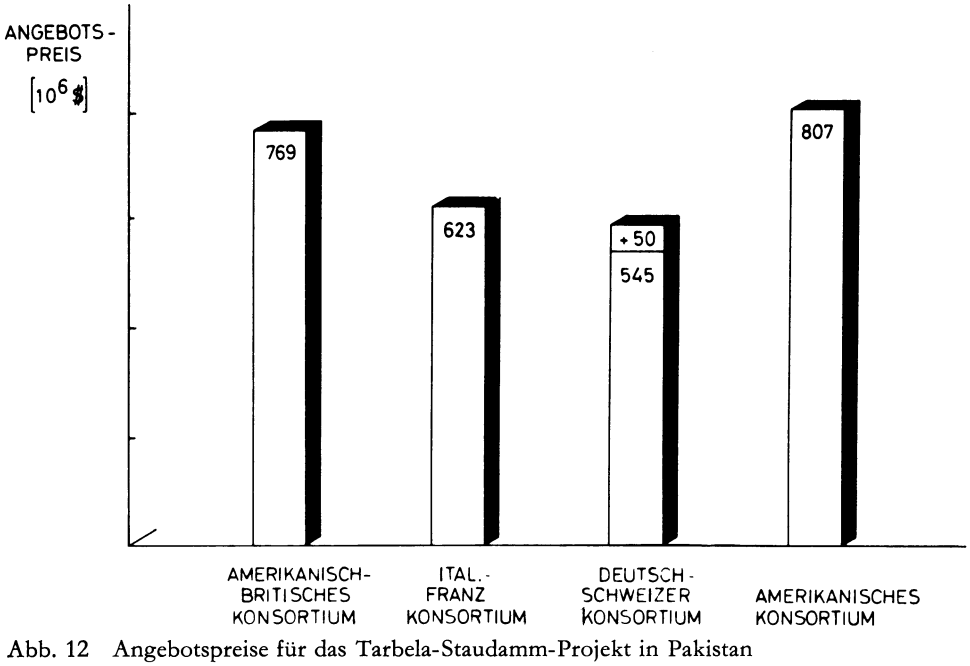


Abb. 12 Angebotspreise für das Tarbela-Staudamm-Projekt in Pakistan

kanischen Konsortiums lag mit 807 Millionen Dollar um mehr als 250 Millionen Dollar höher als das Niedrigstgebot eines deutsch/schweizerischen Konsortiums.
Weltweites Aufsehen erregte später der Streit um die Nachforderung von 50 Millionen Dollar dieses letztgenannten Konsortiums. Er führte zum Entzug des ursprünglich vorgesehenen Zuschlags mit der Begründung, ein nachträglich geändertes Angebot entspräche nicht wirtschaftsjuristischen Gepflogenheiten und sei daher grundsätzlich abzulehnen.
Der Liefertermin wird im allgemeinen von seiten des Kunden durch empfindliche Konventionalstrafen abgesichert, ganz abgesehen vom Verlust an Good Will, den das Unternehmen bei Terminüberziehung erleidet.
Das juristisch verbindliche Angebot erfordert daher eine ausreichende Genauigkeit der Daten. Voraussetzungen und Möglichkeiten, diese Forderung zu realisieren, sind Gegenstand der weiteren Ausführungen.

4. Voraussetzungen und Möglichkeiten einer systematischen Angebotsplanung

4.1 Forderungen an eine systematische Angebotsplanung

Mit dem verfolgten Ziel der Auftragserteilung setzt sich die Angebotsplanung sehr leicht der Gefahr aus, sich ausschließlich an den Wünschen und Bedingungen des Kunden zu orientieren. So bleibt vielfach die Tatsache unbeachtet, daß bereits durch das Angebot die Bedingungen der Produktion festgelegt werden. Dies gilt besonders für den technischen Ausführungsvorschlag und für den Liefertermin, die im Falle einer Bestellung mit den vorhandenen Maschinen bzw. Kapazitäten auch tatsächlich realisierbar sein müssen.
Bei der Ermittlung der Angebotsdaten sind dementsprechend neben den Daten der Anfrage auch die technischen und mengenmäßigen Kapazitäten sowie die Optimierungsziele der Produktion zu berücksichtigen. Der Ablauf der Angebotserstellung ist dann mit einem Regelprozeß vergleichbar, wie in Abb. 13 gezeigt wird.

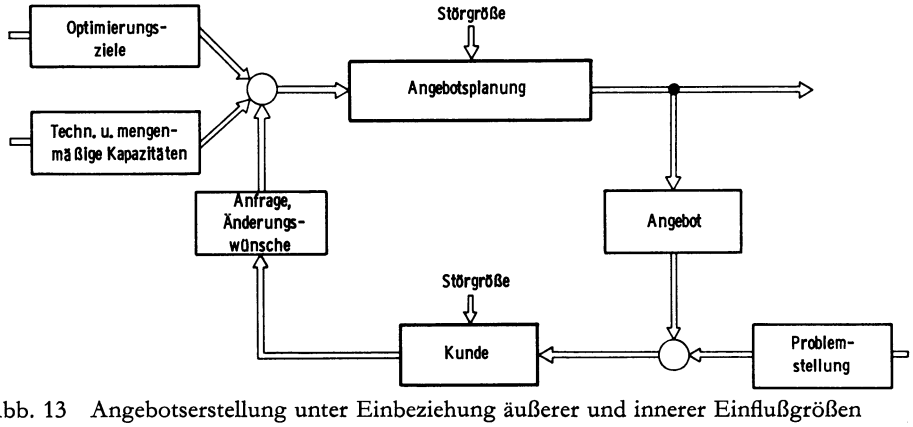


Abb. 13 Angebotserstellung unter Einbeziehung äußerer und innerer Einflußgrößen

Wird das Angebot der Problemstellung des Kunden nicht gerecht, so muß es erneut überarbeitet werden. Dabei ist zu überprüfen, inwieweit eine Änderung der Daten überhaupt noch möglich ist. Oft werden die Änderungswünsche aber auch durch die kundenseitig eingezeichneten Störgrößen hervorgerufen. So kommt es zum Beispiel vor, daß der Kunde einen späteren Liefertermin wünscht, weil seine Maschinenhalle nicht planmäßig fertiggestellt werden kann.
Hinsichtlich des Angebotes, das dem Kunden offeriert wird, sind an eine systematische Angebotsplanung folgende Forderungen zu stellen (Abb. 14):

- Erstellung eines realisierbaren Angebotes, das heißt, im Falle einer Bestellung muß der Auftrag mit den vorhandenen Einrichtungen und Kapazitäten technisch, terminlich und preislich durchführbar sein.
- Genaue Ermittlung der Angebotsdaten, das heißt, Angebotspreis und Liefertermin sollen den Istwerten bei der Auftragsabwicklung möglichst nahekommen.
- Erstellung eines verbindlichen Angebotes, das heißt, der Kunde muß das Angebot in seine eigene Planung verbindlich einbeziehen können.
- Schnelle Abwicklung der Angebotserstellung, das heißt, das Angebot muß den Kunden innerhalb möglichst kurzer Frist erreichen.
- Minimierung des Aufwandes, das heißt, der Aufwand ist infolge der geringen Umwandlungswahrscheinlichkeit von Angeboten in Bestellungen gering zu halten.

Die Verwirklichung dieser Forderungen hängt im wesentlichen von der Anzahl und der Art der Daten ab, die der Angebotsplanung zur Verfügung stehen.

Forderungen an eine systematische Angebotsplanung	Erstellung eines realisierbaren Angebotes
	Genaue Ermittlung der Angebotsdaten
	Erstellung eines verbindlichen Angebotes
	Schnelle Abwicklung der Angebotserstellung
	Minimierung des Aufwandes

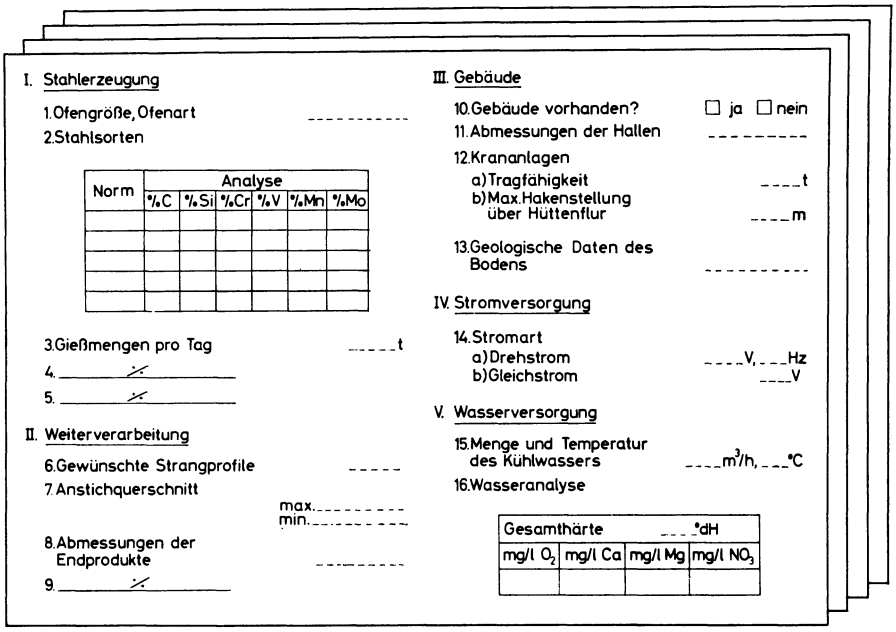
Abb. 14

4.2 Hilfsmittel zur Datenaufbereitung

In jedem Unternehmen liegen große Datenmengen bereits abgewickelter Aufträge vor, und es kommen laufend neue Daten hinzu. Trotzdem kann nur eine geringe Anzahl für die Angebotsplanung genutzt werden. Das hat seinen Grund darin, daß den meisten Unternehmen geeignete organisatorische Hilfsmittel fehlen, um schnell auf vergleichbare Unterlagen zurückgreifen zu können.
Mit der einheitlichen Abgrenzung der Baugruppen in der Erzeugnisgliederung sowie ihrer verwendungsunabhängigen Beschreibung mit Hilfe von Klassifizierungssystemen werden hier geeignete Hilfsmittel vorgestellt.
Die Anwendung von Erzeugnisgliederung und Klassifizierung in der Angebotsplanung setzt die genaue Kenntnis des Kundenwunsches voraus. Der Kunde ist aber in den meisten Fällen bezüglich der für das technische Angebot benötigten Angaben überfordert. Das Unternehmen muß es daher als seine Aufgabe ansehen, dem Kunden von vornherein entsprechend präzise Fragen zu stellen, um daraus den Vorteil einer schnellen Angebotserstellung zu ziehen.

4.2.1 *Pflichtenheft*

Die Ausarbeitung und Zusammenstellung dieser Fragen zu einem sogenannten Pflichtenheft obliegt der technischen Angebotsplanung.
Das Pflichtenheft beinhaltet alle von seiten des Kunden zu bestimmenden Einflußgrößen, die zur technischen Auslegung des Produktes benötigt werden, wie zum Beispiel Leistung, Geometrie, Anschlußbedingungen etc. Es enthält außerdem Fragen zur Festlegung von Randbedingungen, die vom Kunden hinsichtlich Fremdbezug und Ersatzteillieferung vorgegeben werden.
Der Aufbau des Pflichtenheftes sollte übersichtlich und die Fragen nach Möglichkeit so gestellt sein, daß sie durch Ankreuzen zu beantworten sind. Hierfür sind psychologische Gründe maßgebend. Die praktische Erfahrung zeigt, daß verbal zu beantwortende Fragen vom Kunden vielfach »überlesen« werden.
Abb. 15 zeigt einen Auszug aus einem Pflichtenheft am Beispiel einer Stranggießanlage.


I. Stahlerzeugung
1. Ofengröße, Ofenart ----------
2. Stahlsorten

Norm	Analyse					
	%C	%Si	%Cr	%V	%Mn	%Mo

3. Gießmengen pro Tag ----- t
4. ____ %
5. ____ %

II. Weiterverarbeitung
6. Gewünschte Strangprofile -----
7. Anstichquerschnitt
max. ----------
min. ----------
8. Abmessungen der Endprodukte ----------
9. ____ %

III. Gebäude
10. Gebäude vorhanden? ☐ ja ☐ nein
11. Abmessungen der Hallen ----------
12. Krananlagen
a) Tragfähigkeit ----t
b) Max. Hakenstellung über Hüttenflur ----m
13. Geologische Daten des Bodens ----------

IV. Stromversorgung
14. Stromart
a) Drehstrom ----V, ---Hz
b) Gleichstrom ----V

V. Wasserversorgung
15. Menge und Temperatur des Kühlwassers ----m^3/h, ---°C
16. Wasseranalyse

Gesamthärte ----°dH			
mg/l O_2	mg/l Ca	mg/l Mg	mg/l NO_3

Abb. 15 Auszug aus einem Pflichtenheft für eine Stranggießanlage

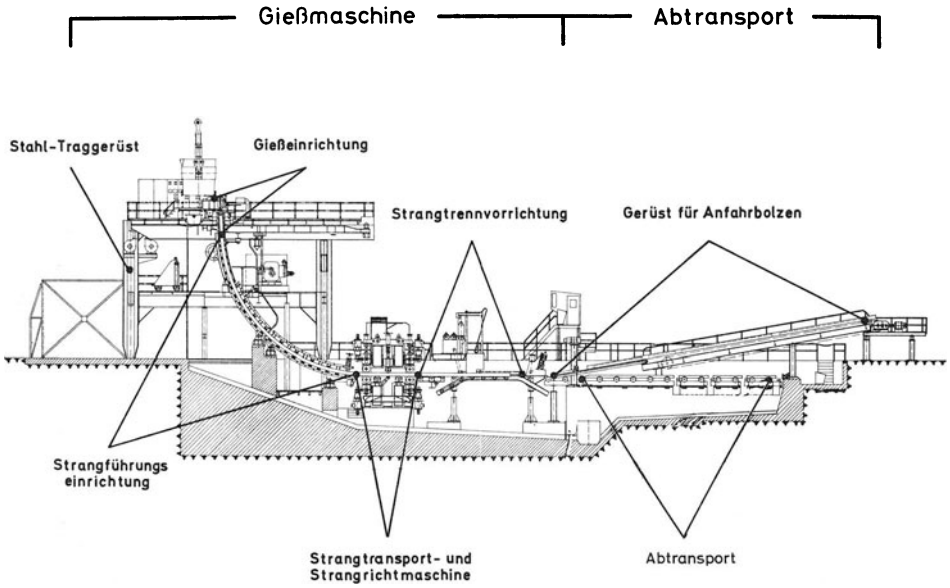
Stranggießanlagen kennzeichnen den Trend der modernen Stahlverarbeitung. Sie ermöglichen das endlose Gießen von Stahl in Strängen, die nach der Abtrennung in Walzlängen als Knüppel oder Brammen weiterverarbeitet werden.
Die Auslegung einer derartigen Anlage ist von zahlreichen kundenseitigen Einflußfaktoren abhängig. Sie ergeben sich einmal von der Seite der Stahlerzeugung, wie durch Menge und Art der zu vergießenden Stahlsorte, wodurch unter anderem Gießgeschwindigkeit und Bogenradius der Anlage bestimmt werden. Zum anderen sind von der Seite der Weiterverarbeitung die technischen Daten des Walzwerkes zu beachten, die bestimmte Strangabmessungen und Querschnitte bedingen. Sind Gebäude und Krananlagen schon vorhanden, so wird von ihnen die gesamte Anlagenhöhe sowie die maximale Länge der Anlage bestimmt. Für den Betrieb der Anlage werden ferner die Daten der Strom- und Wasserversorgung benötigt.

Dieses Beispiel zeigt besonders deutlich, wie umfangreich und speziell die für das technische Angebot benötigten Angaben sein können und wie zweckmäßig daher das Pflichtenheft ist. Es zeigt aber auch, daß die Erstellung eines entsprechenden Angebotes mit sehr großem Aufwand verbunden ist, wenn nicht auf vorhandene Unterlagen früherer Aufträge bzw. Angebote zurückgegriffen werden kann.

4.2.2 Erzeugnisgliederung

In der Auftragsfertigung ist die Wahrscheinlichkeit der Wiederverwendung vollständig gleicher, bereits abgewickelter Aufträge sehr gering. Dagegen ist als sicher anzunehmen, daß auf der Baugruppenebene teilweise ein Rückgriff auf vorhandene gleiche oder ähnliche Unterlagen möglich ist. Diese Sicherheit wird um so größer, je geringer der Baugruppenumfang wird, das heißt je tiefer das Erzeugnis gegliedert ist. Sie ist auf der Stufe der Einzelteile am größten und führt hier zu den bekannten Ähnlichkeitsteilkatalogen [8, 9].
Die Planung von Angeboten auf der Einzelteilstufe ist aber nicht sinnvoll, da sie die entsprechende Detailkonstruktion, Stücklisten- und Arbeitsplanerstellung voraussetzt, was wiederum einen Aufwand bedeutet, der infolge der geringen Wahrscheinlichkeit einer Auftragserteilung nicht zu vertreten ist.
Das Hauptproblem der Erzeugnisgliederung ergibt sich aus der Notwendigkeit, Abgrenzung und Umfang der einzelnen Baugruppen so festzulegen, daß sie den Anforderungen aller Produktionsbereiche genügen. Erst dadurch wird jedoch gewährleistet, daß während der gesamten Auftragsabwicklung keine Veränderungen mehr erforderlich sind und sich die in den einzelnen Produktionsbereichen anfallenden Daten immer auf dieselbe Baugruppe beziehen.
Die herkömmliche Gruppenbildung geht von der Darstellung der Erzeugnisstruktur in Form eines Stammbaumes aus. Das Erzeugnis wird dabei über Hauptgruppen und Untergruppen in Einzelteile zerlegt [3].
Eine Untergliederung bis auf Einzelteile ist aber für die Angebotsplanung nicht zweckmäßig, weil nach Möglichkeit die Wiederverwendung übergeordneter Baugruppen anzustreben ist. Dagegen spricht auch, daß die Gliederung bereits nach dem Entwurf des Erzeugnisses erstellt werden muß und nicht erst dann, wenn alle Gruppen und Einzelteile konstruiert sind. Eine Unterteilung in Einzelteile scheidet daher bei der Gliederung für die Angebotsplanung aus.
Welche Arten von Gruppen können nun innerhalb einer derartigen Erzeugnisgliederung auftreten? Grundsätzlich läßt sich sagen, daß es alle diejenigen Gruppenarten sind, die zur Auftragsabwicklung erforderlich sind bzw. die im Unternehmen irgendwann einmal identifiziert werden müssen, zum Beispiel eine Vormontagegruppe, eine Fertigungsgruppe mit Zwischenlagerung, eine Funktionsgruppe oder eine Ersatzteilgruppe.
Die konkreten Kriterien für die Abgrenzung einer Baugruppe ergeben sich aus den Forderungen der einzelnen Bereiche und aus der Art des Produktes selbst. Untersuchungen haben jedoch ergeben, daß es nur wenige Grundarten von Baugruppen gibt, für die unterschiedliche Abgrenzungskriterien gelten [2].
Die häufigste Gruppenart stellt die Vormontagegruppe dar. Sie ergibt sich aus dem Montagefluß und ist dadurch gekennzeichnet, daß sie als Ganzes in die nächst höhere Einheit eingeht. Diese nächst höhere Einheit kann wiederum eine Vormontagegruppe oder bereits das Erzeugnis selbst sein. Die Verbindungselemente derartiger Vormontagegruppen mit anderen Gruppen gehen jeweils in die übergeordnete Einheit ein und erleichtern dadurch die Wiederverwendung der ganzen Gruppe.

Eine weitere wichtige Gruppenart bilden die Fertigungsgruppen mit Zwischenlagerung. Diese Festlegung ergibt sich aus der Notwendigkeit, für die Kalkulation, die Fertigungsterminsteuerung oder die Lagerorganisation einen bestimmten Gruppenumfang zu fixieren. Derartige Gruppen müssen nicht unbedingt in ein Lager eingelagert werden. Beispiele sind gemeinsam bearbeitete Teile, die getrennt weiterbearbeitet werden (zum Beispiel Ober- und Unterteil eines Gehäuses), oder aber Gruppen, die eine gemeinsame Zwischenstufe in der Bearbeitung haben, aber zu unterschiedlichen Fertiggruppen weiterverarbeitet werden. Zu den zwischengelagerten Gruppen sind auch Zukauf- oder Beistellgruppen zu rechnen.



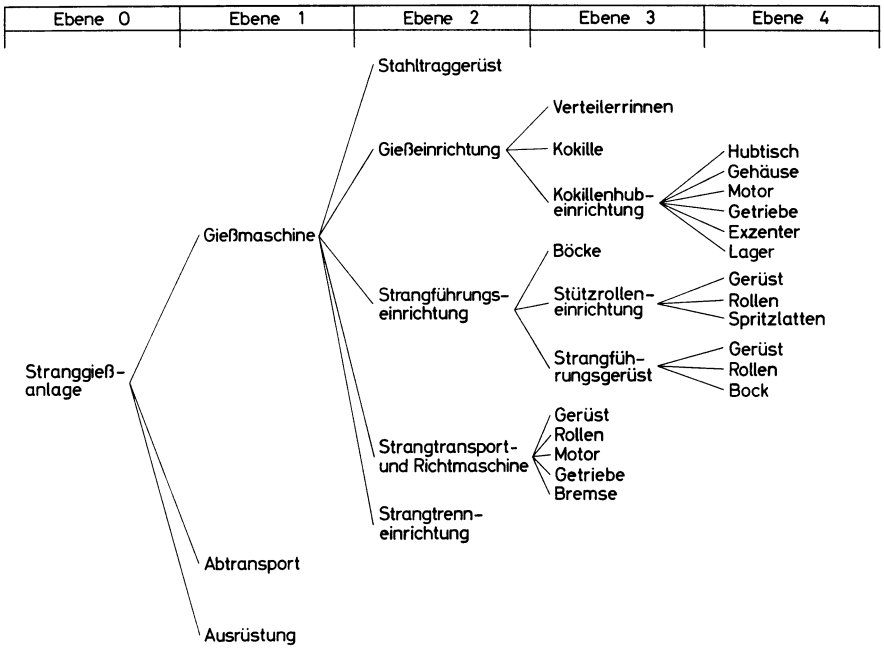


Abb. 16 Gliederung einer Stranggießanlage (Auszug)

Eine dritte Gruppenart entsteht aus den Forderungen der Konstruktion und der Kalkulation, eine Gruppe zusammenzufassen, die eine geschlossene Funktion erfüllt (zum Beispiel ein Brems- oder Steuersystem). Funktionsgruppen sind normalerweise vormontierbar, zum Beispiel ein Getriebe, können in Sonderfällen jedoch auch nicht geschlossen montierbar sein, zum Beispiel ein Brems- oder Steuersystem.

Die letzte Gruppenart schließlich ergibt sich aus den Forderungen des Verkaufs und des Ersatzteilwesens. Es handelt sich um Verkaufs-, Varianten- und Ersatzteilgruppen, die vom Kunden gesondert bezogen werden können.

Die Erzeugnisgliederung spiegelt sich unmittelbar im Aufbau des Zeichnungs- und Stücklistensatzes wider. Primär das Konstruktionsbüro muß also die Kriterien kennen, nach denen sich der Umfang einer Baugruppe bestimmt. Dabei treten zwangsläufig Interessenkollisionen derjenigen Bereiche auf, die mit den Zeichnungen und Stücklisten arbeiten müssen.

In der Praxis erweist es sich deshalb als zweckmäßig, die Durchführung der Gliederung einem Team erfahrener Mitarbeiter der entsprechenden Bereiche zu übertragen.

Ein Beispiel für eine nach diesen Prinzipien durchgeführte Gliederung zeigt Abb. 16. Dargestellt ist ein Auszug der im oberen Teil des Bildes skizzierten Stranggießanlage.

In der Ebene 0 wird die komplette Anlage geführt. Sie besteht aus den drei Hauptgruppen Gießmaschine, Abtransport und Ausrüstung in Ebene 1. Für die Gießmaschine ist die weitere Untergliederung in den Ebenen 2 bis 4 aufgeführt.

Ausgehend von dieser Gliederung werden nun die Zeichnungs- und Stücklistensätze aufgebaut. Damit ist gewährleistet, daß das Erzeugnis während der Auftragsabwicklung nicht mehr umgegliedert wird. Die bei der Durchführung in den einzelnen Produktionsbereichen anfallenden Istwerte beziehen sich folglich immer auf denselben Baugruppenumfang, sie sind jetzt vergleichbar. Damit ist eine wesentliche Voraussetzung für die Nutzung bereits früher erstellter Daten bei der Angebotserstellung gegeben.

In der Angebotsphase erfolgt die Untergliederung des vom Kunden gewünschten Erzeugnisses zweckmäßig an Hand einer Übersichtszeichnung. So wird sichergestellt, daß alle Gruppen des Produktes in die Gliederung eingehen. Die anschließende Überprüfung, inwieweit Zeichnungs- und Berechnungsunterlagen gleicher oder ähnlicher Gruppen bereits vorhanden sind, ist jedoch noch äußerst schwierig, da eine verwendungsneutrale Beschreibung und Ordnung der Baugruppen bisher noch nicht möglich ist. Mit der einheitlichen Abgrenzung der Baugruppen in der Erzeugnisgliederung ist aber auch die Voraussetzung für eine entsprechende Klassifizierung geschaffen worden.

4.2.3 Klassifizierungssysteme

Ziel jeder Klassifizierung ist es, Sachen nach bestimmten Merkmalen zu ordnen oder, anders ausgedrückt, Gleiches mit Gleichem zusammenzuführen. Aus dieser allgemeinen Zielsetzung ergibt sich die Anwendung für die Angebotsplanung dahingehend, daß durch die Klassifizierung der gezielte Rückgriff auf eventuell vorhandene gleiche oder ähnliche Unterlagen ermöglicht wird. Diese Rückgriffsmöglichkeit bezieht sich gleichermaßen auf die Unterlagen zur Erstellung des technischen Angebotes (Projektzeichnung, Baugruppenentwürfe, Berechnungsunterlagen), der Angebotsterminierung (Durchlaufzeiten, Durchlaufkurven) sowie der Angebotskalkulation (Herstellkosten).

Die Überprüfung einer Wiederverwendung bestehender Unterlagen erfolgt zweckmäßig zunächst auf höchster Gliederungsebene, das heißt für das komplette Erzeugnis. Können hier keine oder nur Teildaten übernommen werden, schließt sich die Über-

prüfung auf Baugruppenebene an. Aufbau und Einsatz hierfür geeigneter Klassifizierungssysteme werden im folgenden beschrieben.

4.2.3.1 Klassifizierungssystem für Anlagen und Geräte

Anlagen erfüllen in einem verketteten oder kontinuierlichen Arbeitsprozeß *mehrere* selbständige Funktionen. Sie bestehen aus einzelnen Geräten und können weitere Anlagen und/oder Baugruppen und/oder Teile enthalten. Beispiele für Anlagen sind: Walzwerk, Stranggießanlage, Hochofenanlage, Meerwasserentsalzungsanlage etc.
Geräte erfüllen, bezogen auf einen Arbeitsprozeß, *eine* selbständige Funktion. Sie bestehen aus Baugruppen und können weitere Geräte und/oder Teile enthalten. Beispiele für Geräte sind: Spritzgießmaschine, Portalkran, Schienenlaufkatze [11].
Für eine sachfixe, das heißt verwendungsunabhängige Beschreibung und Ordnung der Anlagen und Geräte haben sich folgende Merkmale als geeignet erwiesen [10]:

- Beschreibung und Ordnung nach der Funktion,
- Beschreibung nach der Art des transformierten Stoffes,
- Beschreibung und Einordnung nach dem Konstruktions- bzw. Wirkprinzip.

In Abb. 17 ist der generelle Aufbau eines derartigen Klassifizierungssystems dargestellt. Das System umfaßt 11 Stellen, von denen die erste als sogenannte Weiche in einem Sachnummernsystem der Abgrenzung gegenüber weiteren Klassifizierungssystemen dient. In den Stellen 2 bis 5 wird eine systematische, dezimale Aufgliederung des gesamten Anlagen- und Gerätespektrums vorgenommen. In den Stellen 6 bis 11 erfolgt eine weitere Differenzierung der einzelnen Anlagen und Geräte mittels charakteristischer Daten und Merkmale.
Hierbei handelt es sich einmal um technische Daten wie Drehzahl, Leistung oder Energiebedarf, weiterhin um die Beschreibung technischer Details sowie letztlich um allgemeine Auslegungsdaten, wie etwa Abmessungen und Gewicht. Der Aufbau dieses Schlüsselteils ist dekadisch, das heißt, die in einer solchen Schlüsselstelle vorgenommene Beschreibung ist unabhängig von Aussagen, die in anderen Schlüsselstellen gemacht werden. Für die Benennung der einzelnen Ordnungsstufen wurden die im DIN-Entwurf 6763 vorgeschlagenen Begriffe »Gebiet«, »Art«, »Klasse« und »Typ« herangezogen. Das Gesamtspektrum der Anlagen und Geräte wird also zunächst in verschiedene Gebiete aufgeteilt, die sich weiter nach Art, Klasse und Typ dezimal verzweigen.
Abb. 18 zeigt einen Auszug aus einem derartigen Klassifizierungssystem. So werden unter der Klassifizierungsnummer 003 sämtliche Stahlstranggießanlagen angesprochen. An Hand dieses Auszuges wird nun kurz der Einsatz der Anlagen- und Geräteklassifizierung in der technischen Angebotsplanung an einem Beispiel erläutert:
Der Projekteur erhält von der verfahrenstechnischen Abteilung die Angaben über die funktionsmäßige Auslegung einer Stahlstranggießanlage. Er entnimmt diesen Angaben, daß der Kunde eine viersträngige Kreisbogenanlage mit 9 m Gießradius und gerader Kokille benötigt. Auf dieser Anlage sollen Knüppel mit quadratischem Querschnitt (200×200 mm) vergossen und mit der Schere auf 5 m abgelängt werden. Eine Verformung ist nicht verlangt.
Die Klassifizierungsnummer für diese Anlage ermittelt sich der Projekteur entsprechend der stark umrandeten Felder in Abb. 18 zu 00323022352. Aus der nach Klassifizierungsnummern geordneten Kartei für komplette Erzeugnisse findet er unter 003 die beiden in Abb. 19 dargestellten Projektzeichnungen. Davon stimmt die obere mit der vom Kunden gewünschten bis auf die 10. Stelle in der Klassifizierungsnummer überein. Der

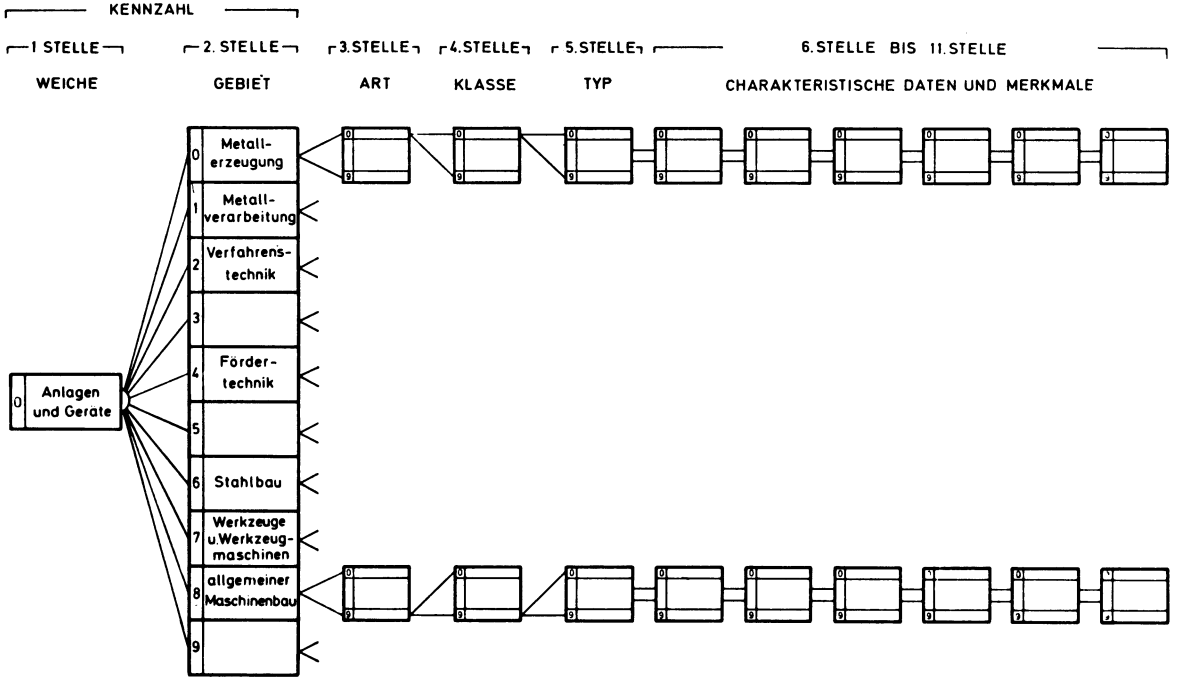


Abb. 17 Aufbau des Klassifizierungssystems für Anlagen und Geräte

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Weiche	Gebiet	Art	Klasse	Anzahl der Stränge	Querschnitts- und Kokillenform	max. Strangbreite bzw. durchmesser (mm)	max. Strangdicke (mm)	Gießradius Nenngröße (m)	Unterteilung und Verformung	max. Schneidlänge (m)
0	Anlagen und Geräte	Metallerzeugung		Senkrechtanlagen komplett	1	□ + ○	≤ 125	≤ 125	≤5	ohne Verformung	≤2,5
1				Abbieganlagen komplett	2	Flachformate	≤ 180	≤ 180	≤6,3	einfache Verformung	≤4
2				Kreisbogenanlagen komplett	3	Hohlformate	≤ 250	≤ 250	≤8	mehrf. Verformung	≤6,3
3			Komplette Stahlstranggießanlagen	Ovalbogenanlagen komplett	4	Sonderformate	≤ 355	≤ 355	≤10	Hochverformung	≤10
4				Horizontalanlagen komplett	5		≤ 500	> 355	≤ 12,5		≤16
5				Sonderanlagen komplett	6	□ + ○	≤ 710		≤16	ohne Verformung	>16
6					8	Flachformate	≤ 1000		>16 <∞	einfache Verformung	
7					1-Strang Zwilling	Hohlformate	≤ 1400		∞	mehrf. Verformung	
8					2-Strang Zwilling	Sonderformate	≤ 2000			Hochverformung	
9							> 2000				

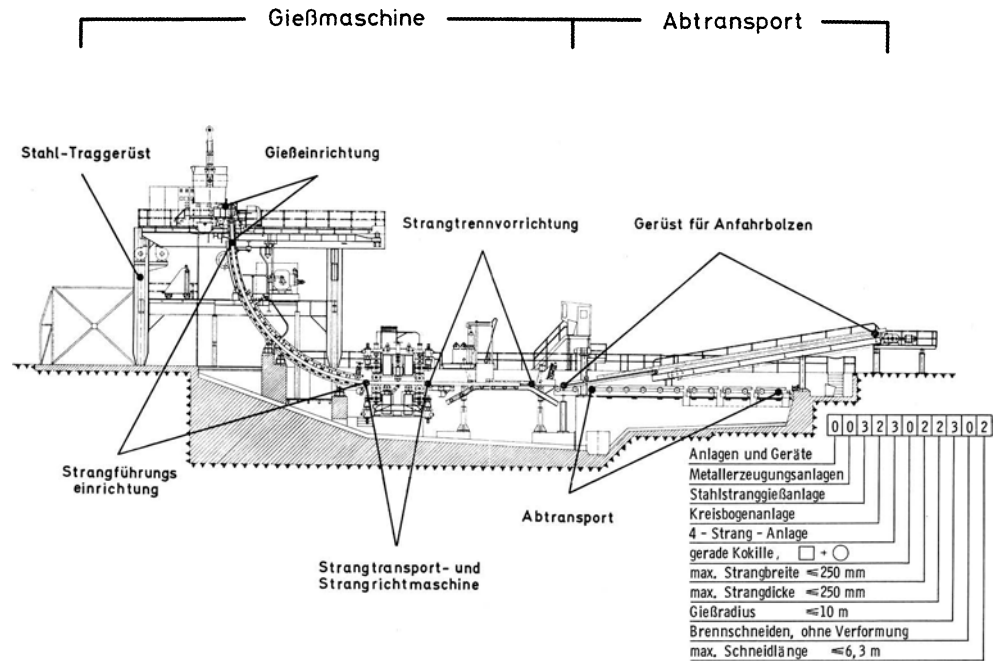
gerade Kokille

gebogene Kokille

mit Brennschneiden

mit Schere

Abb. 18 Klassifizierungssystem für Anlagen und Geräte
(Auszug: Stahlstranggießanlagen)



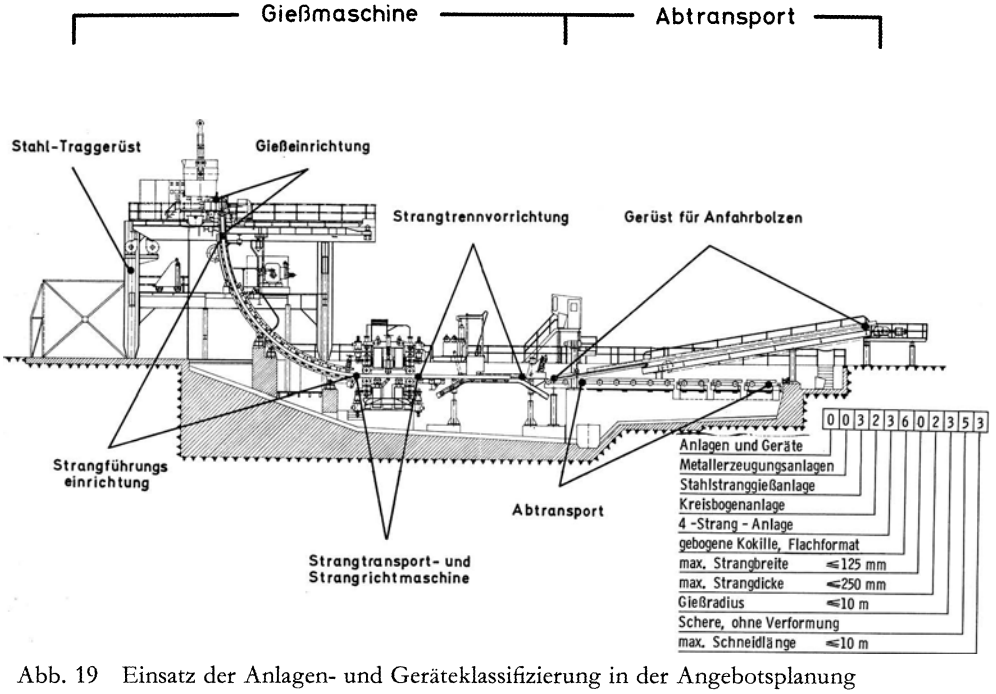


Abb. 19 Einsatz der Anlagen- und Geräteklassifizierung in der Angebotsplanung

Projekteur kann demnach für das Angebot diese Projektzeichnung zugrunde legen; er muß lediglich die Brennschneidmaschine durch eine Schere ersetzen. Scheren fallen im Klassifizierungssystem für Anlagen und Geräte in das »Gebiet« Werkzeuge und Werkzeugmaschinen. Entsprechend ihrer Funktion sind sie in der nächsten Stelle unter Trennmaschinen aufgeführt. In der 4. Stelle werden sie dann direkt angesprochen. Der Projekteur kann also über die ersten 4 Stellen der Klassifizierungsnummer auf alle

vorhandenen Scheren zurückgreifen. Liegen ihm auch die klassifizierten charakteristischen Daten der Schere vor, so findet er unter Umständen sofort die benötigten Unterlagen.
Leider ist es wenig wahrscheinlich, daß Fälle wie in diesem Beispiel die Regelsituation abgeben, denn auf Grund der spezifischen Kundenwünsche haben die Aufträge keinen oder nur geringen Wiederholcharakter. Es ist somit ein weiteres Ordnungssystem zu schaffen, das einen systematischen Rückgriff auch auf die Daten der Baugruppen ermöglicht.

4.2.3.2 Klassifizierungssystem für Baugruppen

Anzustreben ist ein in sich geschlossenes System, mit dem es möglich ist, alle im Bereich des Maschinenbaus auftretenden Baugruppen unabhängig von der Verwendung in einem bestimmten Erzeugnis zu beschreiben.
Für eine verwendungsneutrale Beschreibung der Baugruppen ist als primäres Kriterium die Funktion geeignet, die in möglichst wenigen Worten ausdrückt, was die Baugruppe tut, zum Beispiel Getriebe: »Drehmoment wandeln«.
Als zweckmäßig hat sich die Bildung von sogenannten Haupt- und Grundfunktionen herausgestellt [11]. Die Grundfunktionen können dabei als eine mögliche Erscheinungsform der Hauptfunktionen verstanden werden; ihnen werden die Funktionsträger, also die Baugruppen, zugeordnet.
Abb. 20 zeigt die Haupt- und Grundfunktionen, die für den Aufbau eines derartigen Klassifizierungssystems zugrunde gelegt worden sind. Selbstverständlich gehören zu allen Funktionsbegriffen und Baugruppenbenennungen eindeutige Definitionen. So ist beispielsweise die statische Funktion wie folgt definiert:
»Statische Funktion ausüben heißt statische Kräfte aufzunehmen und weiterzuleiten. Diese Kräfte können z. B. Reaktions-, Gewichts- oder Zwangskräfte sein. Baugruppen mit statischen Funktionen haben nicht die Aufgabe, mechanische Energie zu speichern ober abzugeben« [11].
Ist die Haupt- und Grundfunktion einer Baugruppe bestimmt, wird in der darauffolgenden Stelle die Baugruppe selbst mit einem allgemeinen Gruppenbegriff angesprochen. Daran schließen sich dann die sogenannten charakteristischen Daten an, die für jede Grundfunktion verschieden sind.
Der sogenannte Ergänzungsschlüssel mit Informationen über »größte Abmessung«, »Anzahl der Hauptteile« (= Anzahl der verschiedenen Teile ohne Verbindungselemente, wie zum Beispiel Schrauben, Stifte, Scheiben usw.) sowie über das »Fertiggewicht« gehört gleichfalls noch zum Klassifizierungssystem.
In Abb. 21 ist der grundsätzliche Aufbau des Baugruppenschlüssels dargestellt. Es handelt sich um ein rein numerisches Ordnungssystem, welches sich bis maximal zur dritten Stelle verzweigt und maximal 10 Merkmale je Ordnungsbegriff zuläßt. In diesem Fall wird das Klassifizierungssystem mit einer 2 – im Anlagen- und Geräteschlüssel war es die Null – als Weiche für die Grobklassifizierung im Rahmen eines Gesamtsachnummernsystems eingeleitet.
Von der Weiche ausgehend fächert sich der Schlüssel in die 6 Hauptfunktionen auf, diese wiederum in 33 Grundfunktionen. Für die Bestimmung der Funktion einer Baugruppe ist es zweckmäßig, sich die Baugruppe isoliert von der Umgebung als »Schwarzen Kasten« vorzustellen und zu fragen, was die Baugruppe tut.
Als Beispiel sei das im unteren Teil von Abb. 22 schematisch dargestellte nichtschaltbare Getriebe betrachtet.
Getriebe erfüllen allgemein die Funktion: Energie übertragen und verändern. Speziell erfüllen sie die Grundfunktion: Drehmoment oder Drehung verändern. Im oberen

1. Stelle	2. Stelle	3. Stelle
Kennzahl	Funktionsoberbegriff	Grundfunktion
2 Allgemeine Baugruppen	0 statische Funktion	0 tragen
		1 umhüllen, schützen
		2 verschließen
		3 tragen und umhüllen
		4 lagern
		5 führen und tragen
		6 spannen
		7 Kräfte ausgleichen
		8 Kraftschluß zu Lasten herstellen
	1 Energie liefern	0 drehend antreiben
		1 schwenkend antreiben
		2 drücken, ziehen
		3 schwingend antreiben
	2 Energie übertragen und verändern	0 Kraft und Bewegung übertragen
		1 Drehmoment, Drehung verändern
		2 Drehmoment, Drehung übertragen
		3 Umwandlung drehende in gerade Bewegung
		4 Bewegung hemmen und verhindern
		5 federn, dämpfen
	3 thermische Funktion	0 Wärme erzeugen aus Strom
		1 Wärme erzeugen aus chemisch gebundener Energie
		2 Wärme übertragen rekuperativ
		3 Wärme übertragen regenerativ
	4 Meß-, Steuer- und Regelfunktion	0 melden, messen
		1 steuern (schalten)
		2 regeln
		3 melden, messen und steuern
		4 melden, messen und regeln
		5 steuern und regeln
		6 melden, messen, steuern und regeln
	5 Betriebs- und Wartungsfunktion	0 dichten
		1 sperren
		2 schmieren

Abb. 20 Funktionsoberbegriffe und Grundfunktionen für Baugruppen

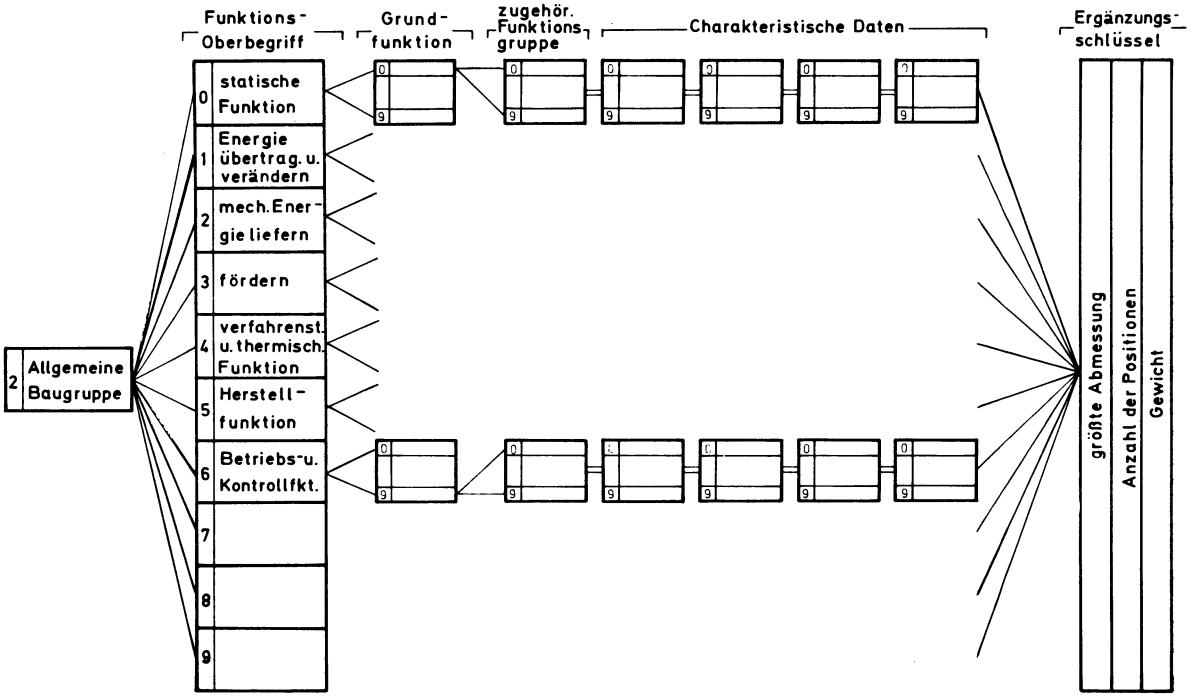
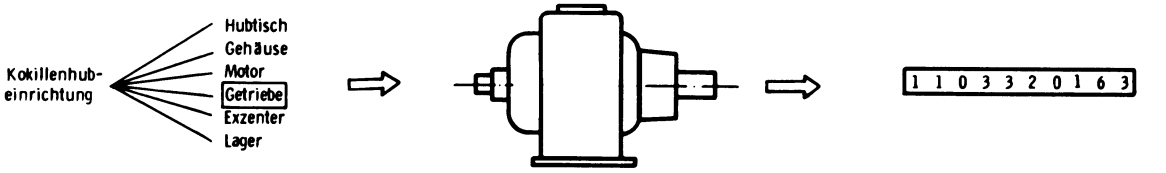


Abb. 21 Aufbau des Klassifizierungssystems für Baugruppen

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
				charakteristische Daten				Ergänzungsschlüssel		
	Funktions-oberbegriff	Grund-funktion	Zugehörige Funktions-gruppe	Lage von An- und Abtrieb	Abtriebs-drehmoment (mkp)	Über-setzungs-verhältnis	Eingangs-drehzahl (U/min)	Größte Abmessung (m)	Anzahl der Positionen	Gewicht (kp)
0			Getriebe, nicht schaltbar	parallel	≤ 1	≤ 1	≤ 100	ohne Merkmal	1	ohne Merkmal
1	Energie übertragen und verändern	Drehmoment, Drehung verändern		schneidend	>1 ≤ 5	>1 ≤ 2	>100 ≤ 200	>0,1 ≤ 0,5	2 oder 3	≤ 10
2				kreuzend	>5 ≤ 10	>2 ≤ 4	>200 ≤ 400	>0,5 ≤ 1	>3 ≤ 5	>10 ≤ 50
3				koaxial	>10 ≤ 50	>4 ≤ 6	>400 ≤ 600	>1 ≤ 2	>5 ≤ 7	>50 ≤ 100



Erzeugnisgliederung — Getriebe — Klassifizierungsnummer

Abb. 22 Klassifizierungssystem für Baugruppen (Ausschnitt: Nichtschaltbare Getriebe)

Bildteil ist ein Ausschnitt der zugehörigen Funktionsgruppe »nichtschaltbare Getriebe« erfaßt. Auf Grund der charakteristischen Daten zur Erfüllung der Funktion innerhalb der Obergruppe – im Beispiel ist das die Kokillenhubeinrichtung einer Stranggießanlage – kann die Klassifizierungsnummer des Getriebes festgelegt werden.
Die starkumrandeten Felder kennzeichnen die angesprochenen Positionen in den 10 Schlüsselstellen. Unten rechts ist die gesamte Schlüsselnummer für das vereinfacht dargestellte Getriebe angegeben. An Hand dieser Klassifizierungsnummer kann nun ein Rückgriff auf die Daten eventuell vorhandener Getriebe erfolgen.
Mit dem Pflichtenheft, der Erzeugnisgliederung sowie den Klassifizierungssystemen sind die wesentlichen Voraussetzungen und Hilfsmittel für eine systematische Aufbereitung und Nutzung der Daten abgewickelter Aufträge geschaffen.
Speziell für die Daten der Angebotsterminplanung ist aber noch eine zusätzliche Voraussetzung zu schaffen, die sich aus der weiter vorn erkannten Notwendigkeit ableitet, alle an der Auftragsabwicklung beteiligten Unternehmensbereiche in die Terminplanung mit einzubeziehen.
Die Aufgaben der Angebotsplanung können nur dann sinnvoll durchgeführt werden, wenn den durch das Angebot gegebenen Belastungswerten vergleichbare Kapazitätseinheiten zugeordnet werden können. Dazu ist es notwendig, die an der Auftragsabwicklung beteiligten und unter dem Begriff Produktion zusammengefaßten Kapazitätseinheiten gegeneinander abzugrenzen.

4.2.4 Gliederung der Produktion

Einen Vorschlag zu einer sinnvollen Gliederung, die sich bereits praktisch bewährt hat, zeigt Abb. 23 [3]. Die Anforderungen an eine Gliederung erfordern einen baukastenförmigen Aufbau auf Grund funktionaler und technologischer Gesichtspunkte.
Insgesamt werden unter Produktion die Bereiche Konstruktion, Arbeitsvorbereitung, Beschaffung, Fertigung und Montage verstanden. Die Bereichskapazität ist das Leistungsvermögen eines Produktionsbereiches. Speziell für den Beschaffungsbereich kann die Kapazität zum Beispiel in Stück oder Gewicht je Zeiteinheit angegeben werden.
Innerhalb der Bereiche sind verschiedene Teilbereiche zu unterscheiden, die im allgemeinen nach funktionalen Gesichtspunkten abgegrenzt sind, zum Beispiel Drehmaschinen, Fräsmaschinen. Die Teilbereichskapazität ist das Leistungsvermögen eines Teilbereiches. Auch eine einzelne Gruppe kann ein Teilbereich sein.
Innerhalb der Teilbereiche werden Gruppen gebildet. Die Gruppenkapazität ist das Leistungsvermögen einer Gruppe, zum Beispiel einer Spitzendrehmaschinengruppe, Revolverdrehmaschinengruppe.
Die Einzelkapazitäten einer Gruppe sind funktionsgleich oder -ähnlich und weitgehend austauschbar. Auch eine Einzelkapazität kann eine Gruppe sein.
Die Gruppe besteht im allgemeinen aus mehreren Einzelkapazitäten. Die Einzelkapazität ist das Leistungsvermögen der kleinsten Kapazitätseinheit, also der Einzelmaschine, des Arbeiters, des Arbeitsvorbereiters, des Konstrukteurs.
Neben dieser Einteilung sind auch andere Gliederungskriterien möglich, die zum Teil in der Praxis angewendet werden. Sie haben jedoch für das Vorgehen im Rahmen der Angebotsbearbeitung keine Bedeutung.
Die weiteren Ausführungen befassen sich mit der systematischen Aufbereitung der Istdaten. In diesem Zusammenhang wird auf die Daten des technischen Angebotes nicht mehr eingegangen, da ihre Aufbereitung ausführlich bei der Erzeugnisgliederung und Klassifizierung beschrieben wurde.

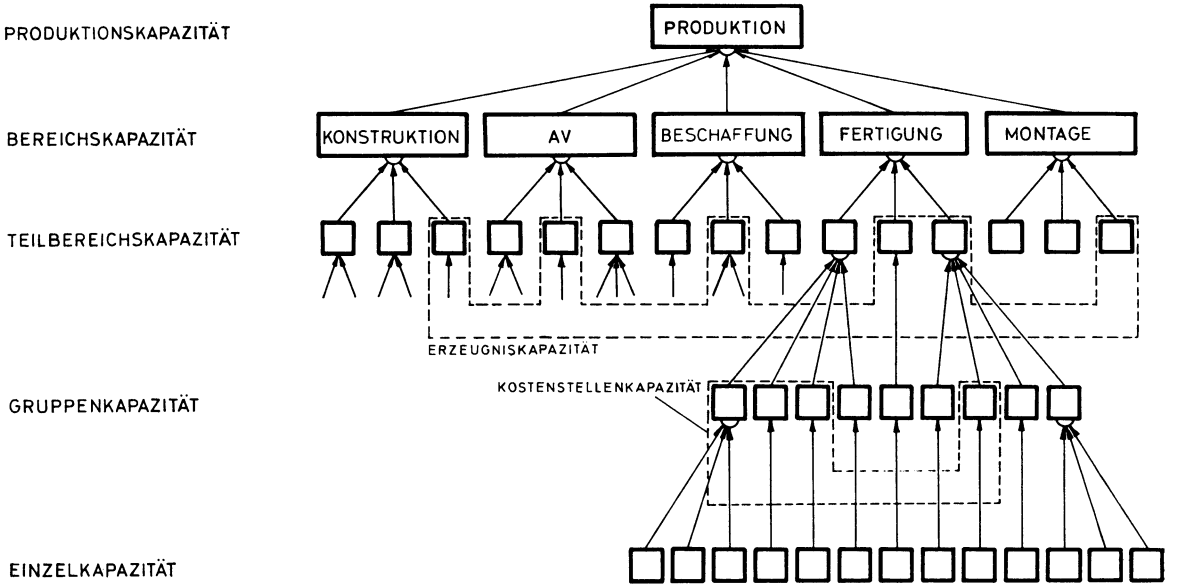


Abb. 23 Kapazitätseinheiten der Produktion

4.3 Systematische Aufbereitung der Istdaten

Die systematische Erfassung und Aufbereitung der Istdaten früherer Aufträge als Grundlage der Angebotsplanung bezieht sich daher auf die Daten der Zeit- und Ablaufplanung und auf die Daten der Kalkulation. Ihr Ziel ist die Schaffung realistischer, aussagekräftiger Unterlagen, die eine schnelle und genaue Angebotsplanung ermöglichen. Wie die bisherigen Ausführungen gezeigt haben, erfolgt die Aufbereitung zweckmäßig für alle in die Erzeugnisgliederung aufgenommenen klassifizierten Baugruppen. Die prinzipielle Vorgehensweise bei der Durchführung ist in Abb. 24 dargestellt. Die Erfassung der Istdaten erfolgt während der Auftragsabwicklung auf gesondert für diesen Zweck erstellten Datenträgern, von denen sie direkt in Lochkarten abgelocht werden. Zur Auswertung werden die Lochkarten nach Klassifizierungsnummern sortiert, wodurch gleiche und ähnliche Baugruppen zusammengeführt werden. Für diese Baugruppen werden für die Daten der Zeit- und Ablaufplanung Standarddurchlaufkurven, für die Daten der Kalkulation sogenannte Kostenkarten und Kostenfunktionen erstellt. Die Speicherung der Ergebnisse erfolgt in Karteien, die nach Klassifizierungsnummern geordnet sind.

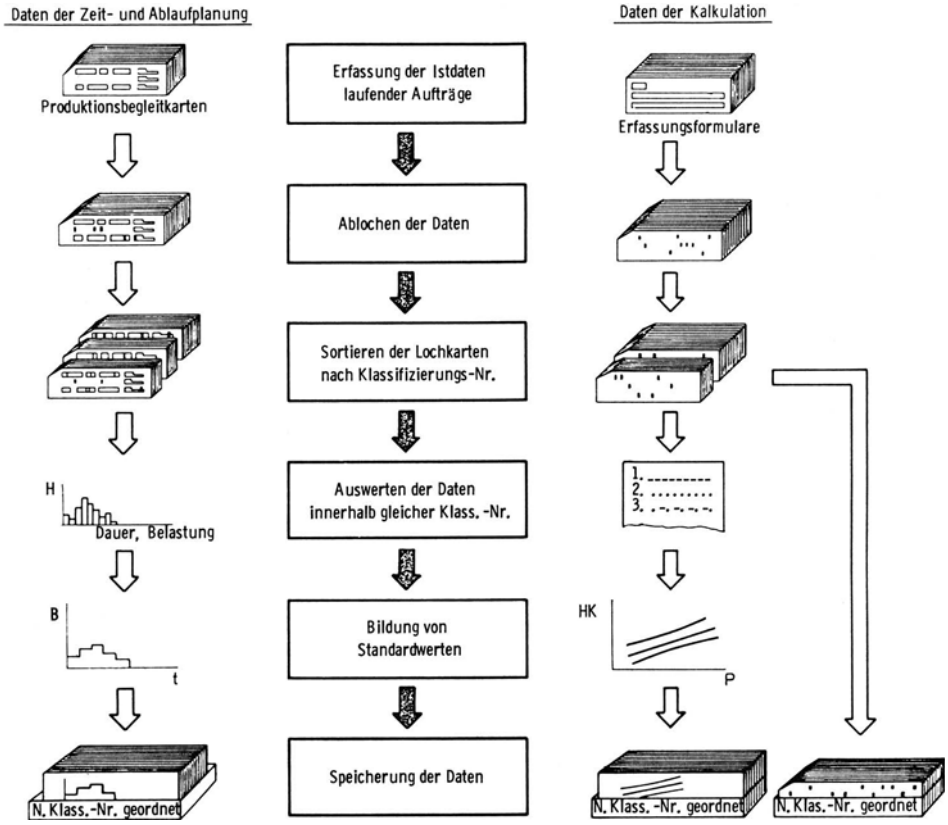


Abb. 24 Systematische Aufbereitung der Istdaten für die Angebotsplanung

4.3.1 Daten der Zeit- und Ablaufplanung

Die Daten der Zeit- und Ablaufplanung dienen der Ermittlung des Liefertermins. Es handelt sich dabei um die Zeitdauern, Belastungen und Folgefristen, die für die Produktion der einzelnen Baugruppen benötigt werden.

Da anzustreben ist, die Angebotsterminierung für alle Produktionsbereiche, also die Konstruktion, die Beschaffung, die Arbeitsvorbereitung, die Fertigung und die Montage, durchzuführen, sind auch obige Daten in allen diesen Bereichen zu erfassen und aufzubereiten.

Zweckmäßig erfolgt die Datenerfassung während der Durchführung des Auftrages, weil so die größtmögliche Gewähr für ihre Exaktheit gegeben ist. Ein einfaches Hilfsmittel bietet sich dazu in einer Produktionsbegleitkarte an [12]. Sie begleitet jede Baugruppe während des Durchlaufs von der Konstruktion bis zur Montage, wobei die jeweils beteiligten Mitarbeiter die angefallenen Belastungswerte bzw. -dauer sofort nach Erledigung der Aufgabe eintragen. Das Ausfüllen dieser Karte ist damit einem Zwang unterworfen und erfordert nur geringen Aufwand.

Einen Vorschlag zum Aufbau dieser Produktionsbegleitkarte zeigt Abb. 25.

Im rechten Teil der Lochkarte sind Felder zur Beschreibung der Baugruppen vorgesehen. Die Identnummer und die Kurzbenennung werden vom Konstrukteur eingetragen, die Klassifizierungsnummer von einer der Konstruktion nachgeschalteten Stelle, der sogenannten Codestelle. Die Felder sind auf der Lochkarte so angeordnet, daß die Daten ohne Überdeckung durch den Schreibkopf des Kartenlochers gelocht werden können.

Im Datenteil der Lochkarte werden die Belastungswerte, Vorgangsdauer und Folgefristen für die verschiedenen Produktionsbereiche eingetragen. Für den Beschaffungsvorgang wird die Lieferantennummer mit der zugesagten und der eingehaltenen Lieferfrist geführt. In vielen Unternehmen des Maschinenbaus ist es nicht notwendig, die Produktionsbegleitkarte durch die Fertigung zu führen, da bereits ausreichend gesichertes Datenmaterial vorliegt.

Für die Auswertung werden die Lochkarten zunächst nach gleichartigen Vorgängen sortiert. Als Sortierkriterium wird die Klassifizierungsnummer verwendet.

Eine Auswertung der ermittelten Belastungs- und Zeitwerte für eine Gruppe mit gleichen Vorgängen zeigt Abb. 26.

Das Verhältnis von Vorgangsdauer zu Folgefrist läßt erkennen, daß die Verknüpfung zu den Nachfolgern eine offene Folge darstellt. Weiterhin ist zu entnehmen, daß die erfaßten Daten eine relativ geringe Streuung besitzen.

Eine erste Aussage über die Standardisierbarkeit eines Planungsdatums enthält Abb. 27. Die laufend erfaßten Planungswerte sind auf der Abszisse aufgetragen [12]. Die Werte sind als relative Größen auf den Mittelwert bezogen. Die Häufigkeitsverteilung über die gestrichelt eingezeichneten Klassen ist rechts im Bild dargestellt. Diese von der Größe des Zeitwertes unabhängige Darstellung des Streubereiches läßt erkennen, in welchen Grenzen die Werte einer Gruppe gleicher Vorgänge unter Berücksichtigung eines zugelassenen prozentualen Fehlers standardisierbar sind.

Standardwerte können unter Verwendung der Grundgleichungen der Statistik berechnet werden. Ein Standardwert zeichnet sich dadurch aus, daß er für gleichartige Vorgänge gilt und einer definierten Genauigkeitsanforderung genügen muß [12]. Die Beschreibungsgrößen für Verteilungskurven sind der Mittelwert x und die Standardabweichung s. Es gilt allgemein:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^{n} (x_1 - \bar{x})^2} \tag{1}$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} x_i \tag{2}$$

n = Zahl der Werte, i = laufender Index

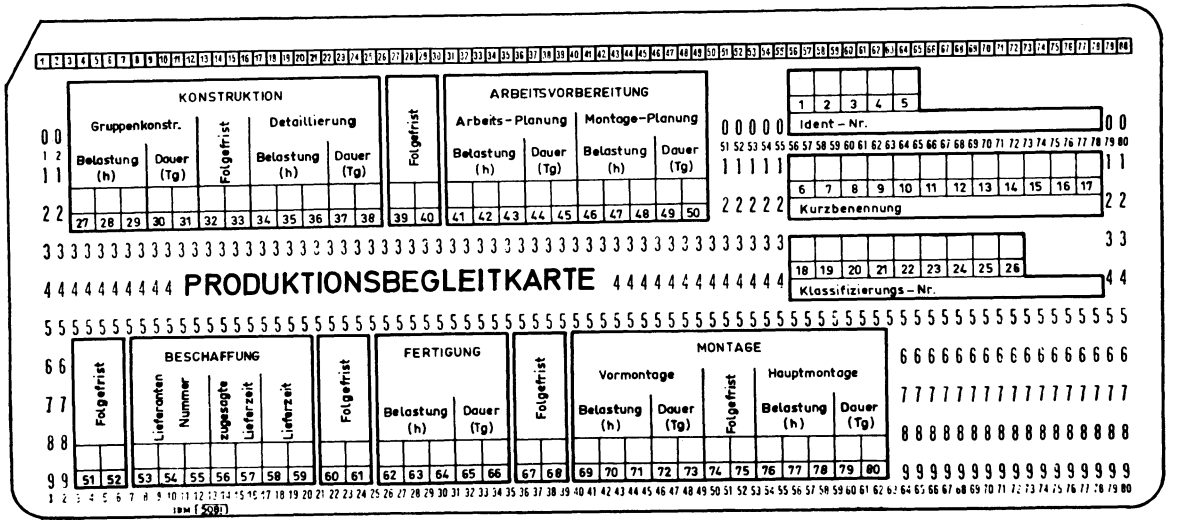


Abb. 25 Produktionsbegleitkarte

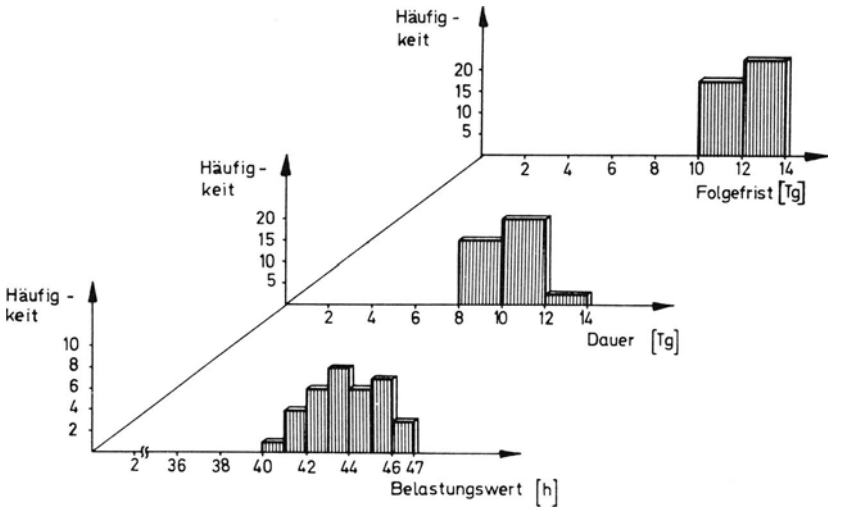


Abb. 26 Belastungs- und Zeitwerte einer Gruppe gleicher Vorgänge

Der Mittelwert und die Standardabweichung sind absolute Werte. Mit dem Quotienten dieser beiden Größen läßt sich jedoch eine relative Größe gewinnen, die eine Vergleichbarkeit und Beurteilung der Datengenauigkeit ermöglicht.
Abb. 28 zeigt am Beispiel zweier Verteilungen für Vorgangsdauern, wie der Mittelwert und die Standardabweichung bei unterschiedlicher Vorgangsgröße, aber gleicher Vorgangsgenauigkeit, über den Strahlensatz zueinander in Beziehung stehen. Je kleiner der vom Strahlengang eingeschlossene Winkel ist, um so genauer kann die Festlegung des Standardwertes erfolgen.
Der Quotient von Standardabweichung und Mittelwert kann als relative Schwankung s_r bezeichnet werden:

$$s_r = \frac{s}{\bar{x}} \tag{3}$$

Durch Einsetzen der Gl. (1) und (2) in (3) kann die Gl. (4) gewonnen werden:

$$s_r = \sqrt{\frac{\frac{1}{n-1} \cdot \sum (x_i - \bar{x})^2}{\left(\frac{1}{n} \cdot \sum x_i\right)^2}}$$

$$s_r = \sqrt{\frac{n^2}{n-1} \cdot \frac{\sum \left(x_i - \frac{1}{n} \cdot \sum x_i\right)^2}{(\sum x_i)^2}} \tag{4}$$

Für die Standardwertbildung werden nun die relativen Schwankungen nach der Gl. (4) errechnet. Liegt die Größe s_r oberhalb einer für Angebotsterminplanung festgelegten Genauigkeitsstufe, ist der Mittelwert als Richtwert zu sehen. Ist der Wert kleiner, so wird der Mittelwert als Standardwert zugelassen.
Mittels der so gebildeten Standardwerte für Dauern, Belastungen und Folgefristen der Baugruppen kann die Angebotsterminierung sowohl auf der Basis von Netzplänen als auch auf der Basis von Durchlaufkurven durchgeführt werden. Hier soll die zweite

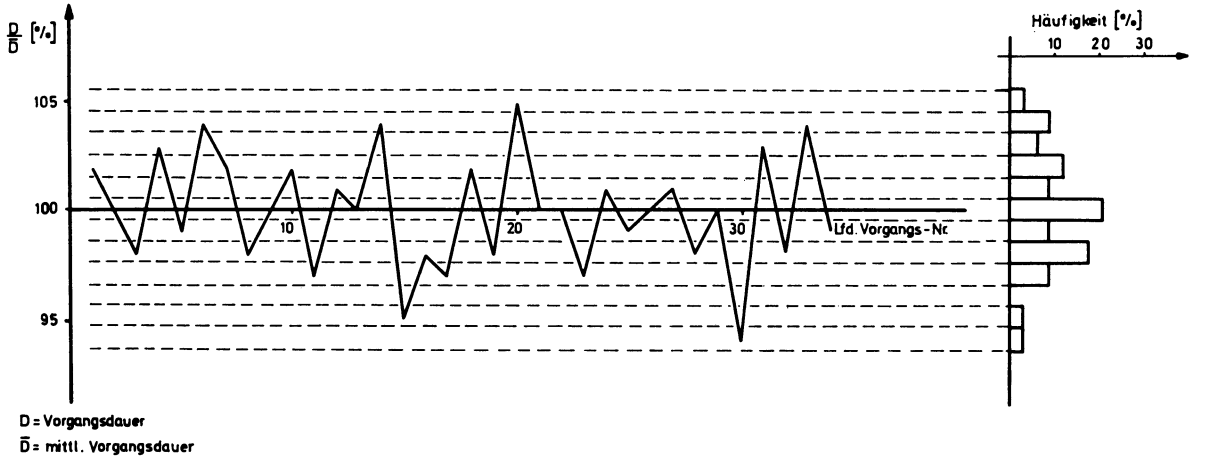


Abb. 27 Relative Streuung von Planungswerten

Möglichkeit weiter verfolgt werden; für den Einsatz der Netzplantechnik in der Angebotsplanung sei auf die angegebene Literatur verwiesen [12]. Die Standardwerte werden dazu in Form von Durchlaufkurven in nach Klassifizierungsnummern geführten Karteien gespeichert. Diese Karteien bestehen sowohl für Baugruppen als auch für die kompletten Erzeugnisse, wobei die Durchlaufkurven der Erzeugnisse durch Überlagerung der Durchlaufkurven der einzelnen Baugruppen gewonnen werden.
Zur Ermittlung eines realistischen Liefertermins muß außer den Belastungen, Folgefristen und Zeitdauern noch eine weitere Größe bekannt sein, die schon eingangs erwähnte Auftragsrate A_i.

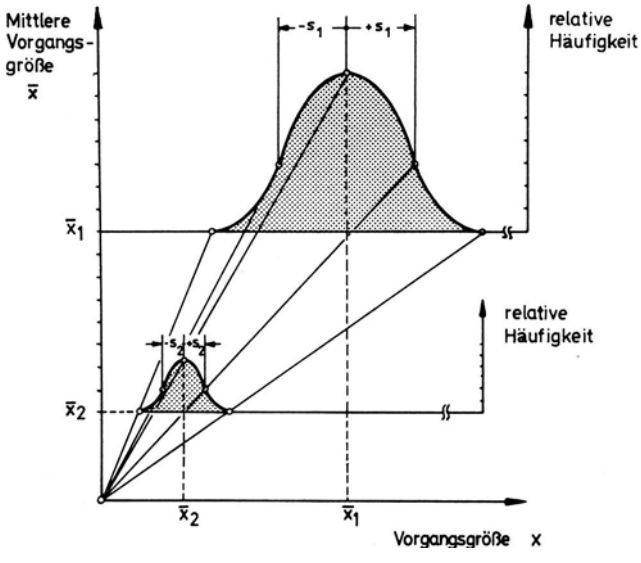


Abb. 28 Mittelwert und Standardabweichung für Vorgangsgrößen gleicher Genauigkeit

Würde man die freie Kapazität der Produktionsbereiche mit den Durchlaufkurven der Angebote belasten, so ergäben sich einmal Liefertermine, die sehr weit in der Zukunft lägen, zum anderen wäre für neueingehende Aufträge keine Kapazität mehr frei. Wie aber schon mehrfach gesagt, wird nur ein geringer Teil der Angebote in Bestellungen umgewandelt. Dieser Teil dürfte dementsprechend auch nur den freien Kapazitäten gegenübergestellt werden. Ein solches Verfahren ist aber ebenfalls nicht realisierbar, da dann nur ca. jedes 10. Angebot eingeplant würde.
Eine Lösung des Problems erreicht man dadurch, daß man die Kapazitätsgrenze für Angebote entsprechend der Auftragsrate erhöht. Dann können alle Angebote eingeplant werden, und es ergeben sich realistische Liefertermine. Das Belastungsgebirge sinkt auf einen bestimmten Prozentsatz zusammen, wenn zu einem bestimmten Bezugszeitpunkt alle nicht in Bestellungen umgewandelten Angebote gelöscht werden.
Die Wahrscheinlichkeit für die Umwandlung eines Angebotes in eine Bestellung kann aus den Daten abgelaufener Perioden ermittelt werden (siehe hierzu die Abb. 3 und 4):

$$A_i = \frac{\text{Zahl der Bestellungen}}{\text{Zahl der Angebote}} \cdot 100\%$$

A_i = Auftragsrate in der Zeitperiode i

$$A_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \cdot A_i$$

n = Anzahl der Perioden

A_m = mittlere Auftragsrate für n Zeitperioden

Da bei der Einplanung der Angebote in die Belastungsgebirge mit echten Belastungswerten gerechnet werden muß, wurde untersucht, welche Aussagekraft die Auftragsrate A_m für die Einplanung hat [1]. Analog zur Auftragsrate wurde daher zunächst für jeden Produktionsbereich eine Kapazitätsrate K_m ermittelt:

$$K_i = \frac{\text{Kapazitätsbedarf der Bestellungen}}{\text{Kapazitätsbedarf der Angebote}} \cdot 100\%$$

K_i = Kapazitätsrate in der Periode i

$$K_m = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} K_i$$

n = Anzahl der Perioden

K_m = mittlere Kapazitätsrate für n Zeitperioden

Abb. 29 zeigt die Verteilung der Kapazitätsrate für den in Abb. 3 angesprochenen Maschinentyp I, bezogen auf den Fertigungs- und Montagebereich.

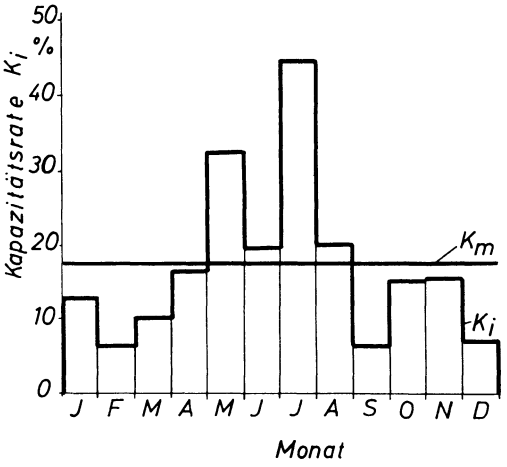


Abb. 29 Verteilung der Kapazitätsrate

Aus der in Abb. 30 dargestellten Verteilung von Auftragsrate/Kapazitätsrate geht hervor, daß sich zwischen beiden keine echte Korrelation herstellen läßt, obgleich die mittlere Abweichung nur 9% ausmacht.

Die aufgezeigten Zusammenhänge lassen erkennen, daß bei der Angebotsterminierung genauere Liefertermine abgegeben werden können, wenn die Kapazitätsrate zugrunde gelegt wird.

Entsprechend der Wahrscheinlichkeit, mit der die Belastungswerte von Angeboten in Auftragsbelastungswerte umgewandelt werden, ist die verplanbare freie Kapazität für die Einplanung von Angeboten zu erhöhen.

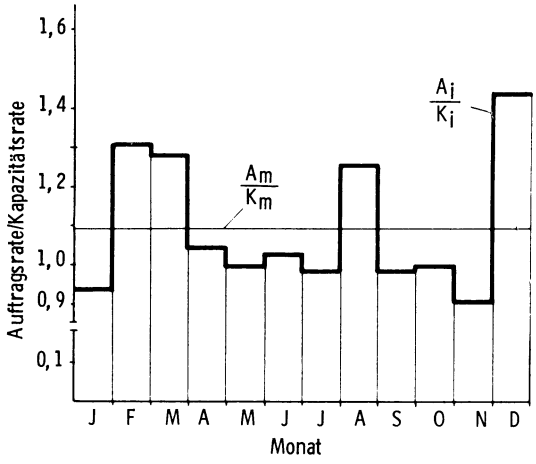


Abb. 30 Verteilung von Auftragsrate/Kapazitätsrate

4.3.2 Daten der Kalkulation

Die Aufbereitung der Istdaten der Kalkulation obliegt der Nachkalkulation. Ihre Hauptaufgabe ist dabei die Erfassung und Zuordnung der Lohn- und Stoffeinzelkosten. Diese Schwerpunktbildung begründet sich aus dem allgemein angewandten Verfahren der Zuschlagskalkulation, bei dem alle weiteren Kostenanteile als Gemeinkosten in die Selbstkosten eingehen (Abb. 8).

Die Höhe der einzelnen Gemeinkostensätze wird von der Betriebsabrechnung für einen längeren Zeitraum, zum Beispiel für ein Jahr, festgelegt. Für die »Kostenwahrheit« ist das Verursachungsprinzip maßgebend [13]. Die Gemeinkosten sind daher jener Größe zuzurechnen, welche ihrer Verursachung am besten Rechnung trägt. Für die Stoffgemeinkosten sind das die Stoffeinzelkosten; die Verrechnungsbasis der Fertigungsgemeinkosten sind die Fertigungslöhne. Verwaltungs- und Vertriebsgemeinkosten werden im allgemeinen auf die Herstellkosten bezogen.

Die Ermittlung der Lohn- und Stoffeinzelkosten erfolgt an Hand der Lohn- und Materialscheine, die aus der Fertigung und Montage kommen und von der Nachkalkulation zunächst nach Auftragsnummer und Kostenart zusammengefaßt werden (Abb. 31).

An Hand der in den Lohnscheinen angegebenen Vorgabezeiten, Kostenstellen und Lohngruppen werden mittels entsprechender Lohntabellen – sie enthalten den pro Kostenstelle und Lohngruppe zugrunde zu legenden Lohnsatz – die Lohnkosten pro Arbeitsvorgang ermittelt. Die Aufsummierung der Kosten für die einzelnen Arbeitsvorgänge ergibt die Lohnkosten für das Einzelteil. Die Vollständigkeitskontrolle erfolgt dabei mittels des Arbeitsplanes, der die gesamte Arbeitsvorgangsfolge zur Fertigung dieses Werkstückes enthält.

Über die Stückliste lassen sich dann die Lohnkosten für das gesamte Erzeugnis zusammenstellen.

Analog wird bei der Ermittlung der Stoffkosten verfahren. Die Materialscheine enthalten die pro Werkstück angefallene Materialmenge, so daß an Hand der Materialpreisliste die Stoffkosten errechnet werden können. Die Gesamtstoffkosten werden ebenfalls über die Stückliste ermittelt.

Fallen in der Fertigung weitere Kosten zum Beispiel durch Ausschuß oder Mehrarbeit an, so sind dafür gesonderte Belege auszustellen, die ebenfalls von der Nachkalkulation zu erfassen sind.

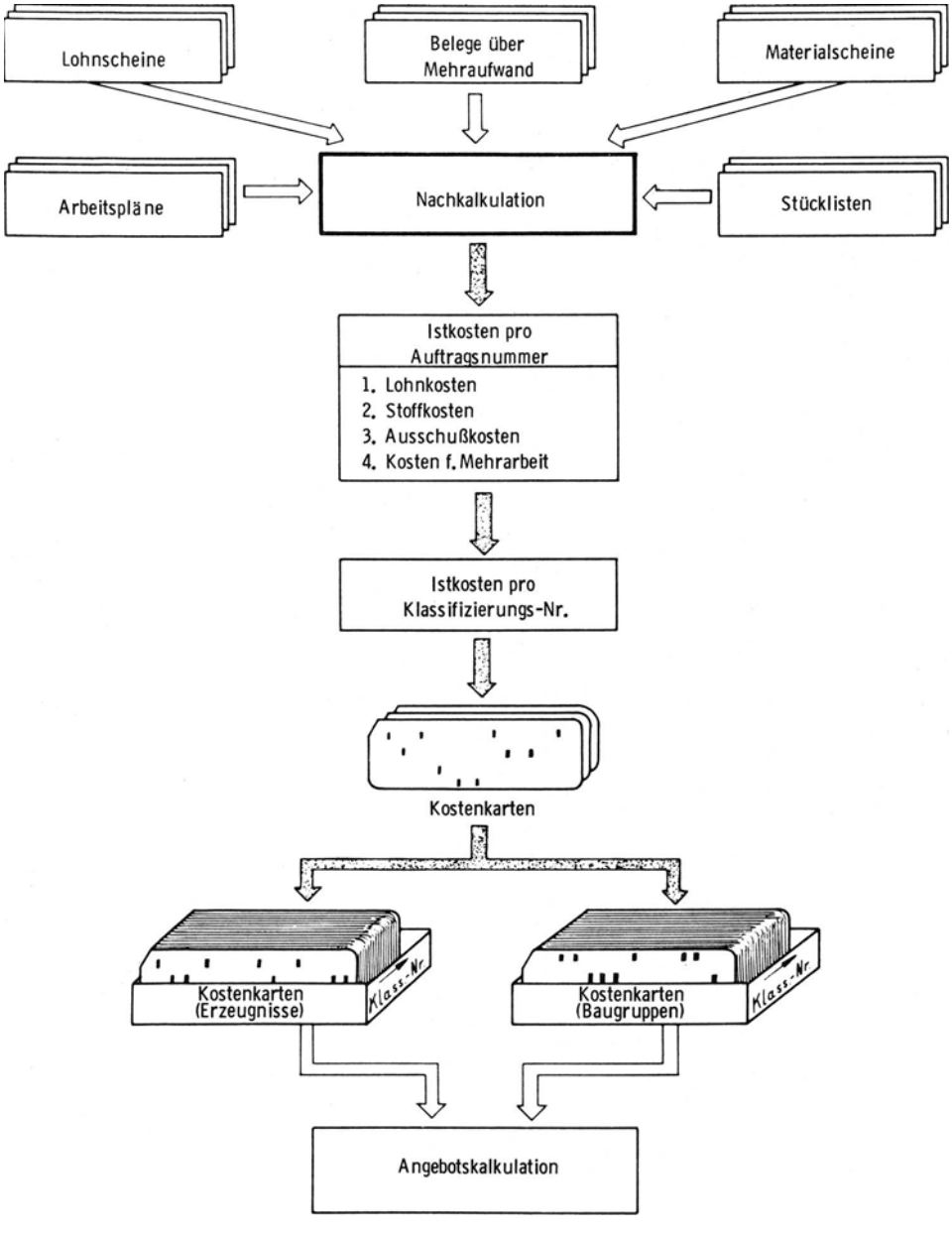


Abb. 31 Aufbereitung der auftragsbezogenen Istdaten für die Angebotskalkulation

Das Ergebnis der Nachkalkulation sind die pro Auftragsnummer ausgewiesenen Lohn-, Material-, Ausschuß- und Mehrarbeitskosten.
Auf Grund dieser Vorgehensweise bei der Ermittlung der Istkosten besteht ohne weiteres die Möglichkeit, die Kosten für jedes beliebige Teil und für jede beliebige Baugruppe separat auszuweisen. Das ist jedoch nur sinnvoll, wenn einheitlich abgegrenzte Baugruppen vorliegen und wenn gleiche und ähnliche Baugruppen zusammengefaßt und damit für die Angebotskalkulation nutzbar gemacht werden können. Diese Voraussetzungen sind mit der einheitlichen Erzeugnisgliederung und einer Klassi-

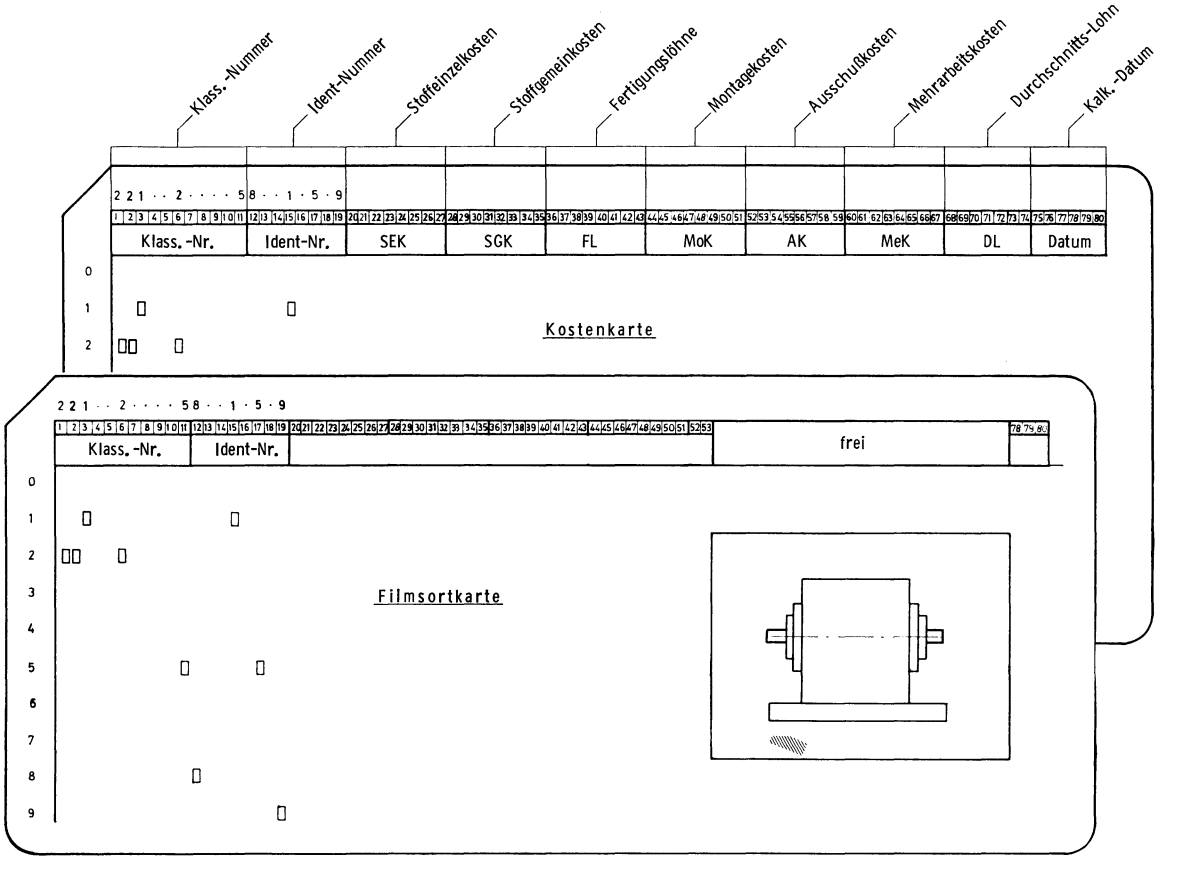


Abb. 32 Aufbau von Kosten- und Filmsortkarte

fizierung der Gruppen nach streng definierten Merkmalen zu verwirklichen. Wird gleichzeitig das Auftragsnummernsystem auf alle für die Angebotskalkulation wesentlichen Baugruppen erweitert, läßt sich die systematische Aufbereitung der Kalkulationsdaten ohne jede Umstellung der gegenwärtigen Nachkalkulation erreichen.
Die pro Auftragsnummer angefallenen Kosten werden jetzt unter der Klassifizierungsnummer der entsprechenden Baugruppe in das Erfassungsformular übertragen und anschließend in besonders aufbereiteten Lochkarten abgelocht (Abb. 31). Diese sogenannten Kostenkarten werden dann, nach Klassifizierungsnummern geordnet, in jeweils getrennten Karteien für Erzeugnisse und Baugruppen abgelegt. Sie stehen damit der Offertkalkulation für spätere Angebote zur Verfügung; der Rückgriff erfolgt dabei über die Klassifizierungsnummer. Die Errichtung der Karteien erfolgt zweckmäßig in direkter Verbindung mit einer entsprechenden Zeichnungskartei (Abb. 32). Kosten- und Filmsortkarten werden dabei über die Klassifizierungs- und Identnummern zugeordnet.
Der Aufbau der Kostenkarten wird aus Abb. 32 ersichtlich. Neben den allgemeinen Angaben zur Bezeichnung der Baugruppe sind die Herstellkosten nach ihren Kostenanteilen aufgeführt.
Die separate Aufnahme der Montagekosten in die Lochkarte wirkt sich besonders im Anlagenbau vorteilhaft aus, da dort häufig der Fall auftritt, daß der Kunde die Montage selbst durchführt. Der Angebotspreis kann dann entsprechend reduziert werden. Die Angabe des Durchschnittsstundenlohnes dient der Aktualisierung der Lohnkosten. An Hand des Kalkulationsdatums ist festzustellen, ob zwischenzeitlich Lohnänderungen stattgefunden haben. Dementsprechend wird der Stundenlohn geändert, so daß sich darüber die aktuellen Fertigungslöhne errechnen lassen. Analoges gilt für die Gemeinkosten.
Zweckmäßiger ist es allerdings, wenn bei entsprechenden Änderungen jeweils alle Kostenkarten neu erstellt werden. Da die Gemeinkostensätze im allgemeinen für ein Jahr festgelegt werden, wäre eine regelmäßige Überarbeitung der Kostenkarten, zum Beispiel jährlich – unabhängig von zwischenzeitlichen Lohn- oder Materialpreisänderungen –, angebracht.
Die Kostenkarten liefern natürlich nur bei echten Wiederholgruppen die exakten Herstellkosten. Darüber hinaus stellen sie innerhalb gleicher Klassifizierungsnummern die Kostenwerte für eine Palette funktionsgleicher Lösungen. In einem solchen Fall müßten aber die Herstellkosten der neuen Baugruppe wie bisher nach dem ungenauen Verfahren auf der Basis der Kilokosten errechnet werden. Es bleibt folglich zu prüfen, ob die Herstellkosten mit anderen Größen in Zusammenhang gebracht werden können. In der Regel werden bei ähnlichen, das heißt unter eine Klassifizierungsnummer fallenden Baugruppen sowohl die Kosten als auch die zugehörigen charakteristischen Daten variieren. Wenn es aber gelingt, eine statistisch gesicherte Abhängigkeit zwischen einigen Kenndaten und den Kosten herzustellen, dann können auf Grund dieser Abhängigkeit auch die voraussichtlichen Kosten neuer Baugruppen relativ genau ermittelt werden. Dazu bieten sich die mathematisch-statistischen Methoden der Einflußgrößenrechnung – auch Regressionsrechnung genannt – an.

4.4 Mathematisch-statistische Methoden als Hilfsmittel der Angebotsplanung

4.4.1 Grundlagen der Regressionsrechnung

Eine funktionale Abhängigkeit zweier Größen $y = f(x)$ ist dadurch gekennzeichnet, daß jedem Wert der unabhängigen Variablen X eindeutig ein Wert der abhängigen

Variablen Y zugeordnet werden kann. Will man jedoch in der Praxis einen solchen Zusammenhang zweier Veränderlichen nachweisen, zum Beispiel durch Versuchsreihen, so erhält man infolge von Zufallseinflüssen eine stochastische Abhängigkeit. Die Wertepaare $(x_i; y_i)$ entsprechen dabei keiner funktionalen Beziehung, sondern bilden ein Streuband mit einem gewissen Trend. Zur Auswertung derartiger Zusammenhänge dient die Korrelations- und Regressionsrechnung.

Die wichtigsten mathematischen Formeln und Maßzahlen sollen am Beispiel der einfach-linearen Regression aufgezeigt werden. Die für die Rechnung verwendeten Beobachtungen oder Daten sind als Stichprobe aus einem größeren Kollektiv vorhandener oder möglicher Daten anzusehen [14].

Man habe beispielsweise n-Beobachtungen für Y bei verschiedenen x-Werten, wobei X die unabhängige Variable oder Einflußgröße, Y die abhängige Variable oder Zielgröße sei. Zwischen X und Y besteht ein stochastischer Zusammenhang. Werden die verschiedenen y-Werte in einem Diagramm über der unabhängigen Variablen X aufgetragen, so erkennt man, daß einem bestimmten x-Wert kein eindeutig definierter y-Wert entspricht, sondern es liegt ein Wertebereich vor (Abb. 33).

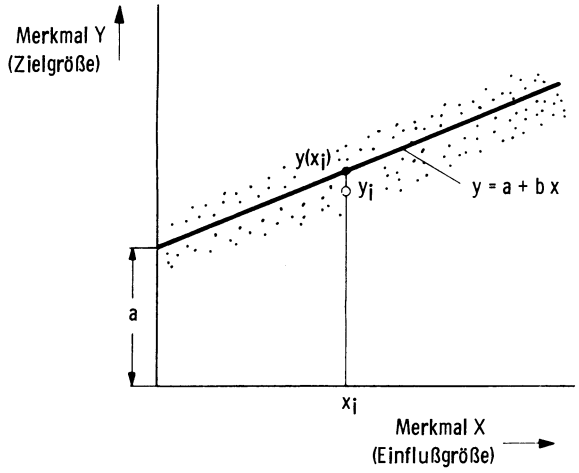


Abb. 33 Einfache lineare Regression

Die in Abb. 33 eingezeichnete Ausgleichs- oder Regressionsgerade $y = a + b \cdot x$ charakterisiert die Abhängigkeit zwischen den x-Werten und den y-Werten unter der Bedingung, daß die Summe der quadratischen Abweichungen der Punkte von der Geraden ein Minimum ist. Daß man für die Formulierung der Regressionsgleichung die Quadrate der Punktabstände und nicht deren Absolutbeträge minimiert, hat einen rein praktischen Grund; man erhält dann einfache Rechnungen und Ergebnisse. Mit der gleichen Begründung wird hier auch unter Punktabstand der vertikale Abstand eines Punktes von der Geraden verstanden (also in y-Richtung gemessen). Zugunsten des vertikalen Abstandes spricht aber auch noch folgendes: Da X die unabhängige Variable darstellt und die Gerade ja dazu verwendet werden soll, für ein bestimmtes x den zugehörigen y-Wert abzuschätzen, ist der in y-Richtung gemessene Abstand besonders sachgemäß, denn er gibt die Differenz zwischen dem beobachteten y-Wert und dem Schätzwert für das betreffende x an [14].

Ein Punkt der Stichprobe hat von der Geraden

$$y = a + bx$$

also den vertikalen Abstand

$$|y_i - a - bx_i|$$

Die Summe der Abstandsquadrate ist demnach

$$G = \sum_{i=1}^{n} (y_i - a - bx_i)^2$$

Damit diese Funktion von a und b ein Minimum ist, muß

$$\frac{\delta G}{\delta a} = 0 \quad \text{und} \quad \frac{\delta G}{\delta b} = 0$$

sein. Daraus ergeben sich die Werte a und b der Regressionsgeraden zu

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

und

$$b = \frac{s_{xy}}{s_x^2}$$

wobei s_x^2 die Varianz der x-Werte in der Stichprobe und s_{xy} die Kovarianz der Stichprobe darstellen:

$$s_x^2 = \frac{1}{n-1}\left[\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - \frac{1}{n}\left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right)^2\right]$$

$$s_{xy} = \frac{1}{n-1}\left[\sum_{i=1}^{n} x_i y_i - \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i \sum_{i=1}^{n} y_i\right]$$

x_i und y_i sind die beobachteten Werte, $\bar{x}$ und $\bar{y}$ die arithmetischen Mittel der Beobachtungen.
Das Steigungsmaß b wird auch als Regressionskoeffizient bezeichnet.
Eine Maßzahl für die Güte der linearen Abhängigkeit ist der sogenannte Korrelationskoeffizient r. Es gilt:

$$-1 \leqq r \leqq +1$$

Die Stichprobenwerte (x_i, y_i) liegen dann und nur dann auf einer Geraden, wenn der zugehörige Korrelationskoeffizient den Wert 1 oder —1 hat.
Das Quadrat des Korrelationskoeffizienten bezeichnet man auch als Bestimmtheitsmaß B.

$$B = \frac{s_{xy}^2}{s_x^2 \cdot s_y^2}$$

s_{xy}, s_x^2 siehe oben

s_y^2 = Varianz der y-Werte in der Stichprobe

$$s_y^2 = \frac{1}{n-1}\left[\sum_{i=1}^{n} y_i^2 - \frac{1}{n}\left(\sum_{i=1}^{n} y_i\right)^2\right]$$

Zwischen dem Bestimmtheitsmaß und dem Korrelationskoeffizienten gelten also folgende Beziehungen:

$$B = r^2$$

das heißt

$$r = +\sqrt{B}$$

Der Wert B schwankt zwischen den Werten 0 und $+1$. Nahe bei 1 gelegene Bestimmtheitsmaße deuten darauf hin, daß alle Beobachtungspunkte nahezu auf einer Geraden liegen.
Eine weitere Möglichkeit zur Beurteilung der Güte des Zusammenhanges ergibt sich aus der Berechnung der Reststreuung s

$$s = \sqrt{\frac{s_y^2 - b s_{xy}}{n-2}}$$

Die Reststreuung ist ein Maß für die mittlere Abweichung der Einzelwerte von der Regressionsgeraden.
Die relative Streuung

$$s_{\text{rel}} = \frac{s}{\bar{y}} \cdot 100\%$$

ist die auf den Mittelwert $\bar{y}$ der abhängigen Variablen bezogene Streuung. Sie ist für die Beurteilung der Streuung oft aufschlußreicher als deren absoluter Wert.
Die auf Grund der Werte der Stichprobe ermittelte Regressionsgerade $y(x) = a + bx$ ist eine mehr oder weniger genaue Schätzung für die Regressionsgerade $\mu(x) = \alpha + \beta x$ der Gesamtheit aller möglichen Werte. Man erhält also aus der ermittelten Regressionsgeraden zu jedem vorgegebenen x-Wert einen Schätzwert $y(x)$ für den unbekannten Mittelwert $\mu(x)$. Die Güte der Schätzung von $\mu(x)$ durch $y(x)$ kann in Form eines Vertrauensbereiches für den Mittelwert $\mu(x)$ nach der Formel

$$\mu(x) = y(x) \pm t(S,f) \frac{h\sqrt{G}}{\sqrt{n-2}}$$

angegeben werden.

Darin ist

$$h = +\sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(x-\bar{x})^2}{(n-1)\, s_x^2}}$$

$$G = (n-1)\,(s_y^2 - b^2 s_x^2)$$

$t(S,f)$ = der Integralwert der t-Verteilung mit der gewünschten statistischen Sicherheit (S) bei dem Freiheitsgrad f

$$f = n - k - 1$$

mit n = Zahl der Beobachtungen, k = Anzahl der unabhängigen Variablen x_i

In dem hier betrachteten Fall der einfachen linearen Regression ist $f = n - 2$.
Konkret auf die Ermittlung der Herstellkosten mittels der Regressionsgeraden bezogen sagt der Vertrauensbereich also aus, daß mit der zugrunde gelegten statistischen Sicher-

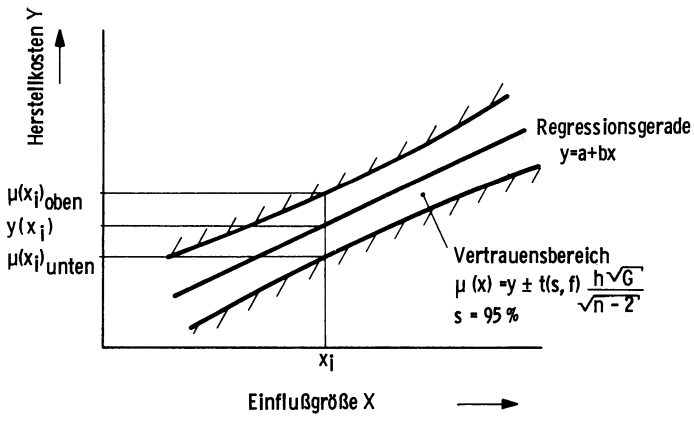


Abb. 34 Regressionsgerade und Vertrauensbereich zur Ermittlung der Herstellkosten

heit die Herstellkosten für jeden Wert der Einflußgröße innerhalb des Vertrauensbereichs liegen. Wie Abb. 34 beispielhaft zeigt, liegen die Herstellkosten Y in Abhängigkeit vom Wert x_i der Einflußgröße X mit 95%iger Wahrscheinlichkeit in den Grenzen

$$\mu(x_i)_{\text{oben}} \leqq y(x_i) \leqq \mu(x_i)_{\text{unten}}$$

Häufig stellt sich bei der Untersuchung von Abhängigkeiten zwischen bestimmten Merkmalen heraus, daß die interessierende Zielgröße von mehr als einer Einflußgröße abhängt. Falls es sich um lineare Abhängigkeiten handelt, spricht man von der mehrfach linearen Regression. Die Regressionsgleichung hat dann die allgemeine Form

$$y(x_1, x_2, \ldots, x_k) = a + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \cdots + b_k x_k$$

Zur Ermittlung und Beurteilung der Ausgleichsgeraden gelten analoge Kriterien und Kenngrößen wie bei der einfachen linearen Regression. Auf ihre ausführliche Darstellung soll hier verzichtet werden; es sei dazu auf die angegebenen Literaturstellen verwiesen [14, 15, 16].

Der Einfluß zweier Variablen X_1, X_2 auf eine Zielgröße Y kann graphisch, zum Beispiel in Parameterdarstellung, aufgezeigt werden (Abb. 35).

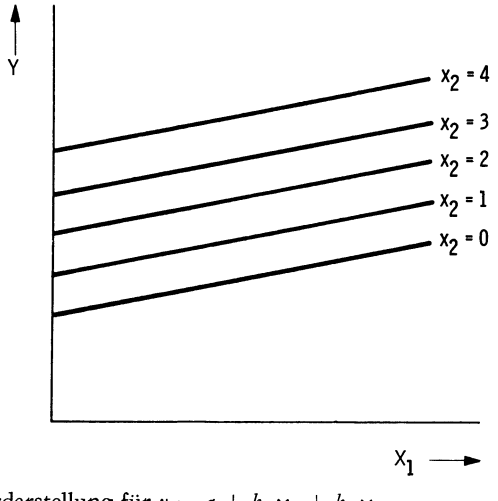


Abb. 35 Parameterdarstellung für $y = a + b_1 x_1 + b_2 x_2$

Bei der Regressionsanalyse interessiert vor allem die Frage, ob eine bestimmte Einflußgröße einen statistisch gesicherten Einfluß auf die abhängige Variable hat; es sollte also geklärt werden, ob der betreffende Regressionskoeffizient gesichert von Null abweicht.
Die Überprüfung der Signifikanz der einzelnen Einflußgrößen einer Regressionsrechnung kann mit Hilfe des F-Tests durchgeführt werden [15]. Auf Grund des F-Tests ist eine Einflußgröße X_i dann signifikant, wenn ihr F_i-Wert größer ist als der Tabellenwert der F-Verteilung mit dem als zulässig betrachteten Fehlschlußrisiko (zum Beispiel 5%) und den Freiheitsgraden

$$n_1 = 1$$

und

$$n_2 = n - k - 1$$

Es sei noch erwähnt, daß sich die Regressionsrechnung nicht auf die Feststellung linearer Abhängigkeiten zwischen der Zielgröße und den Einflußgrößen beschränkt. Nach dem Verfahren der Minimierung der quadratischen Abstände kann man statt einer Geraden ebensogut eine nichtlineare Funktion, etwa gegeben durch

$$y(x) = a + b_1 x + \cdots + b_m x^m$$

bestimmen, wenn dies in einem praktischen Fall günstig erscheint. Auch für die Überprüfung nichtlinearer Abhängigkeiten gibt es entsprechende Testverfahren.
Mit Hilfe der geschilderten Methoden der Regressions- und Korrelationsrechnung ist es möglich, den Einfluß verschiedener Parameter auf die Kosten der einzelnen Baugruppen zu untersuchen. Für signifikante Einflußgrößen können Funktionen ermittelt werden, die den Zusammenhang zwischen den Kosten und den betreffenden Einflußgrößen kennzeichnen.

4.4.2 Einsatzmöglichkeiten im Hinblick auf vorhandene Daten

Der Einsatz von Regressionsfunktionen zur Kostenermittlung ist eng mit der Erzeugnisgliederung und der Baugruppenklassifizierung verknüpft. Dafür gibt es mehrere Gründe:

1. Die Sicherheit, mit der die Regressionskurven zur Festlegung der Kosten herangezogen werden können, hängt wesentlich von der Anzahl der Werte ab, die den Funktionen zugrunde liegen. Entsprechende Datenmengen sind in der Auftragsfertigung aber nur auf Baugruppenebene zu erzielen.
2. Die Daten für die Regressionsrechnung müssen aus einem möglichst einheitlichen Kollektiv stammen. Die beste Voraussetzung hierfür ist die einheitliche Abgrenzung der Baugruppen in der Erzeugnisgliederung.
3. Die Anzahl der Einflußgrößen wird durch die Unterteilung des Gesamterzeugnisses reduziert und damit leichter überschaubar.
4. Ein Klassifizierungssystem liefert in seinen charakteristischen Merkmalen eine Grundsubstanz geeigneter Einflußgrößen.
5. Die Klassifizierung faßt gleiche und ähnliche Baugruppen zusammen und ist damit für die Erstellung und Anwendung der Regressionsfunktionen ein wesentliches Hilfsmittel.

Unter diesen Gesichtspunkten muß der Einsatz der Regressionsrechnung in der Angebotskalkulation gesehen werden. Dann allerdings reduziert sich der Aufwand für die Angebotspreisfindung sehr erheblich, wobei die Ermittlung der tatsächlich anfallenden Herstellkosten relativ genau ist.

Im folgenden werden Aufbau, Wirksamkeit und Anwendung der Regressionsfunktion am Beispiel der in Abb. 9 dargestellten Baugruppe »Tieflöffel« ausführlich aufgezeigt. Die dazu benötigten Daten sind in der Tabelle von Abb. 36 aufgeführt. Spalte 2 enthält die Herstellkosten, wie sie von der Nachkalkulation für die fünf gefertigten Löffel ermittelt wurden. In den weiteren Spalten sind das Fassungsvermögen, die Breite sowie das Gewicht angegeben.

Laufende Nummer	Herstellkosten (E)	Inhalt (m^3)	Breite (m)	Gewicht (t)
1	100	0,5	0,7	0,51
2	115	0,65	1,0	0,62
3	118	0,8	1,0	0,75
4	129	1,0	1,0	0,775
5	158	1,2	1,2	0,866

Abb. 36 Datentabelle zur Ermittlung kostenbestimmender Einflußgrößen für Tieflöffel

Diese drei Größen, die auch im Klassifizierungssystem angesprochen sind, sollen als signifikante Einflußgrößen angesehen werden.
Wie sich schon bei der Errechnung der Kilokosten herausstellte, ist das Gewicht als alleinige Einflußgröße zur Bestimmung der Herstellkosten nicht geeignet. Diese Tatsache bestätigt auch die Regressionsrechnung, deren Ergebnis unter der laufenden Nummer 1 der ausgeführten Rechnung in Abb. 37 aufgeführt ist. Die Gleichung der Regressionsgeraden mit dem Gewicht als Einflußgröße X und den Herstellkosten als Zielgröße Y ergibt sich zu

$$y = 24{,}817 + 140{,}845\, x$$

Damit errechnen sich Herstellkosten $y(x_i)$ zu den in Spalte 6 angegebenen Werten. Spalte 7 gibt die prozentualen Abweichungen der über die Regressionsgerade ermittelten Herstellkosten gegenüber den nachkalkulierten Herstellkosten an. Sie betragen in den beiden Grenzfällen $+10{,}55\%$ bzw. $-7{,}1\%$.
In einer zweiten Rechnung wurde der Inhalt als unabhängige Variable zugrunde gelegt. Das Ergebnis zeigt mit den maximalen Abweichungen von $+6{,}03\%$ und $-3{,}94\%$ eine wesentliche Verbesserung.
Um nach Möglichkeit ein ausreichendes Ergebnis bei einfacher linearer Abhängigkeit zwischen Herstellkosten und Einflußgrößen zu erzielen, wurde im nächsten Schritt statt der Funktion

$$y = f(x_1, x_2)$$

mit x_1 = Inhalt, x_2 = Breite
die Funktion

$$y = f(x)$$

mit x = Inhalt · Breite
in Ansatz gebracht.
Damit läßt sich eine weitere Verbesserung erzielen, wie Spalte 7 ausweist. Die in diesem Fall über die Regressionsfunktion

$$y = 79{,}354 + 52{,}648\, x$$

in der Angebotskalkulation ermittelten Herstellkosten weichen von den Nachkalkulationswerten nur noch um weniger als 3% ab.

LFD.NR DES TIEF-COEFFELS	ZIELGROESSE Y HERSTELLKOSTEN YI[E]	EINFLUSSGROESSE X GEWICHT XI[TO]	LFD.NR. DER AUSGEFUEHR-TEN RECHNUNGEN	FUNKTION DER REGRESSIONSGERADEN Y=A+BX	HERSTELLKOSTEN NACH DER REGRESSIONSGERADEN Y= 24.817 +140.845X	ABWEICHUNG Y(XI)-YI --------*100 YI [%]	BESTIMMT-HEITSMASS B
1	100	.5100			96.65	-3.35	
2	115	.6200			112.14	-2.49	
3	118	.7500	1	Y= 24.817+140.845X	130.45	10.55	.927
4	129	.7750			133.97	3.85	
5	158	.8660			146.79	-7.10	
	HERSTELLKOSTEN YI[E]	INHALT 3 XI[M]		Y=A+BX	Y= 61.615+ 75.162X		
1	100	.5000			99.20	-.80	
2	115	.6500			110.47	-3.94	
3	118	.8000	2	Y= 61.615+ 75.162X	121.75	3.17	.928
4	129	1.0000			136.78	6.03	
5	158	1.2000			151.81	-3.92	
	HERSTELLKOSTEN YI[E]	INHALT*BREITE 3 XI[M *M]		Y=A+BX	Y= 79.354+ 52.648X		
1	100	.3500			97.78	-2.22	
2	115	.6500			113.58	-1.24	
3	118	.8000	3	Y= 79.354+ 52.648X	121.47	2.94	.981
4	129	1.0000			132.00	2.33	
5	158	1.4400			155.17	-1.79	
	HERSTELLKOSTEN YI[E]	INHALT*BREITE *GEWICHT 3 [M *M*TO]		Y=A+BX	Y= 90.123+ 52.874X		
1	100	.1785			99.56	-.44	
2	115	.4030			111.43	-3.10	
3	118	.6000	4	Y= 90.123+ 52.874X	121.85	3.26	.981
4	129	.7750			131.10	1.63	
5	158	1.2470			156.06	-1.23	

Abb. 37 Ergebnis eines Tests verschiedener Einflußgrößen und ihrer Kombinationen bei der Angebotsplanung

Wie den Werten für das Bestimmtheitsmaß in Spalte 8 zu entnehmen ist, liefert die vierte Rechnung kein besseres Ergebnis. Die Güte des linearen Zusammenhangs zwischen Ziel- und Einflußgröße ist vielmehr in den beiden letzten Fällen gleich groß. Unter diesen Umständen ist es zweckmäßig, in der Praxis mit der geringeren Zahl von Einflußgrößen zu arbeiten, das heißt die Herstellkosten in Abhängigkeit von Inhalt mal Breite zu ermitteln.
Um eine Aussage zu gewinnen, mit welcher Genauigkeit bei vorgegebener statistischer Sicherheit die Herstellkosten ähnlicher Tieflöffel »errechnet« werden können, soll für diesen Fall der Vertrauensbereich festgelegt werden. In Abb. 38 sind die zur Berechnung des Konfidenzbereiches benötigten Größen tabellarisch dargestellt. Die zugrunde gelegte statistische Sicherheit beträgt 90%. Aus der rechten Spalte ergeben sich die Werte für die oberen und unteren Grenzen des Vertrauensbereiches.

VERTRAUENSBEREICH FUER DEN MITTELWERT $\mu(X)=Y(X)\pm T(S,F)\frac{H\sqrt{G}}{\sqrt{N-2}}$

MIT

$$H = \frac{2}{N} + \frac{1}{(N-1)*SX^2}\,(X-\bar{X})^2 \qquad G=(N-1)(SY^2-B^2\,SX^2)$$

XI	Y(XI)	$\bar{X}$	SX^2	SY^2	B	G	H	T(S,F) S=90%	$\mu(X)$
.35	97.78						.758		97.78± 5.60
.65	113.58						.509		113.58± 3.76
.80	121.47	.848	.166	468	52.648	36	.451	2.132	121.47± 3.33
1.00	132.00						.485		132.00± 3.58
1.44	155.17						.854		155.17± 6.31

Abb. 38 Ermittlung des Vertrauensbereichs

Abb. 39 zeigt die graphische Darstellung. An Hand dieses Bildes wird nun die Anwendung der Kostenfunktionen in der Angebotskalkulation erläutert. Es bestehe die Aufgabe, die Herstellkosten für einen Tieflöffel von 0,75 m³ Inhalt und 1000 mm Breite für ein Angebot festzusetzen.
Über die ersten vier Stellen der Klassifizierungsnummer hat der Kalkulator Zugriff zu sämtlichen in der Kartei abgelegten Kostenkarten und Regressionsblättern. Erkennt er aus den weiteren Stellen, daß kein identischer Tieflöffel vorliegt – im anderen Fall könnte er die Daten der Kostenkarte übernehmen – ermittelt er die Herstellkosten aus der Regressionskurve. Er braucht dazu nur die zu dem entsprechenden Wert der Einflußgröße zugehörigen Herstellkosten auf der Ordinate abzulesen. Für den obigen Tieflöffel ergeben sie sich aus Abb. 39 zu 118 E. Mögliche Unter- oder Überschreitungen dieser Herstellkosten liegen bei 3%, also in durchaus vertretbaren Grenzen.
Dieses Beispiel macht deutlich, wie weit die Angebotskalkulation durch den Einsatz mathematisch-statistischer Verfahren verbessert werden kann. Der rechnerische Auf-

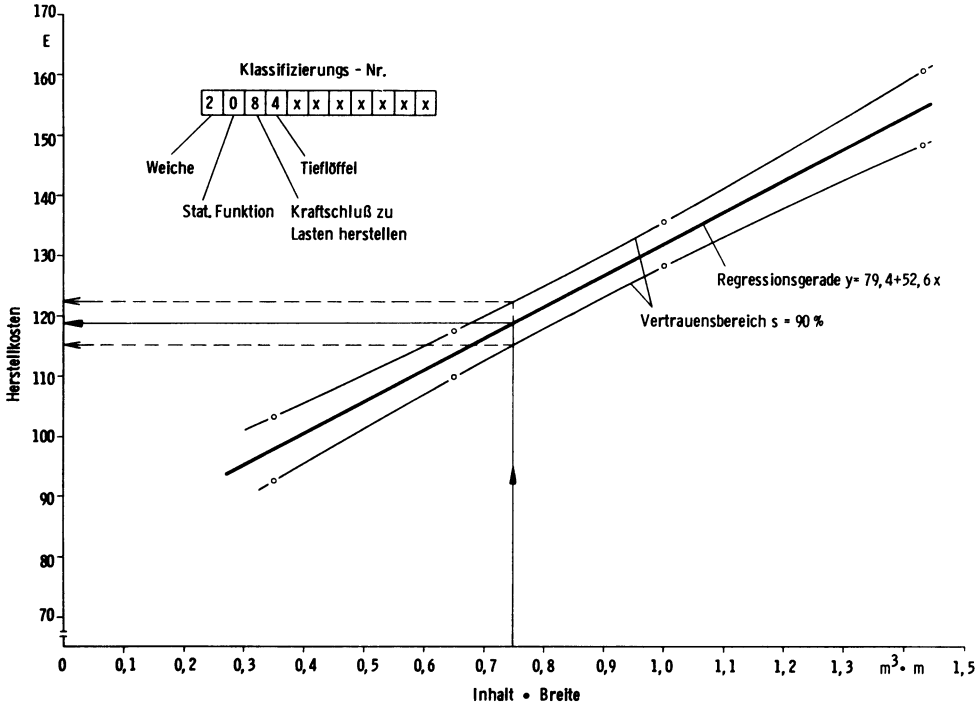


Abb. 39 Kostenfunktion und Vertrauensbereich zur Ermittlung der Herstellkosten für Tieflöffel

wand zur Erstellung der Kostenfunktionen ist zwar erheblich, jedoch mittels der in den meisten Unternehmen vorhandenen elektronischen Datenverarbeitungsanlagen zu bewältigen.
Die bisherigen Ausführungen haben die Möglichkeiten für eine Verbesserung der gegenwärtigen Angebotsplanung aufgezeigt.
Im folgenden wird eine zweckmäßige Vorgehensweise vorgeschlagen, diese Möglichkeiten bei der Angebotserstellung sinnvoll einzusetzen.

5. Darstellung eines Sollablaufs für die Angebotsplanung

Im Sollablauf für die Angebotsplanung wird eine den heutigen Anforderungen entsprechende Vorgehensweise aufgezeigt, um die Daten des Angebots schnell, genau und mit möglichst geringem Aufwand festzulegen. Dazu werden die bis hierher gemachten Ausführungen über Voraussetzungen und Möglichkeiten einer systematischen Angebotsplanung als gegeben angesehen.
Die Durchführung der Angebotserstellung umfaßt den zweckmäßigen Ablauf der Tätigkeiten zwischen Eingang der Anfrage und Abgabe des endgültigen Angebotes. Wie Abb. 40 zeigt, ist dabei unter Umständen eine mehrmalige Überarbeitung des Angebotes erforderlich. Sie resultiert einmal aus den Einwänden des Kunden bezüglich der im Angebot enthaltenen Daten, zum anderen aus der Abhängigkeit zwischen dem technischen, terminlichen und preislichen Angebot.

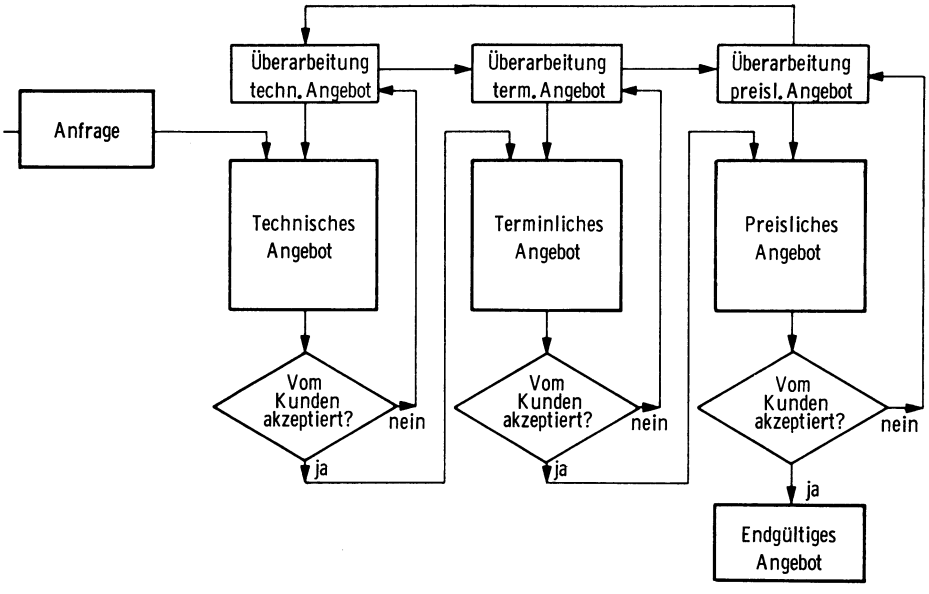


Abb. 40 Verschiedene Teilfunktionen und ihre Abhängigkeiten bei der Angebotsplanung

Entspricht zum Beispiel der technische Ausführungsvorschlag nicht den Vorstellungen des Kunden, so wird dieser ihn kaum akzeptieren. Die damit notwendige Überarbeitung des technischen Angebotes zieht aber zwangsläufig eine Änderung des terminlichen und preislichen Angebotes nach sich.
Eine vom Kunden gewünschte Verkürzung der Lieferfrist ist zum Beispiel nur durch die Bereitstellung zusätzlicher Kapazitäten möglich. Überstunden oder auch eine zweite Schicht schlagen sich aber gleichzeitig im Angebotspreis nieder. Wird das preisliche Angebot nicht akzeptiert, so muß eine kostengünstigere technische Lösung gefunden werden.
Mit jeder Überarbeitung des Angebotes sind aber zusätzliche Kosten für das Unternehmen verbunden. Es ist daher zwingend notwendig, das Angebot als Einheit zu sehen und das Zusammenspiel der einzelnen Angebotsdaten in die Angebotsplanung mit einzubeziehen.
Abb. 41 zeigt einen Vorschlag für den Ablauf einer systematischen Angebotsplanung.
Die Angebotserstellung beginnt in der technischen Angebotsplanung mit der Klassifizierung des Erzeugnisses auf Grund der Angaben im Pflichtenheft. In Unternehmen des Anlagenbaus bedingt dies jedoch die vorherige verfahrenstechnische Auslegung der Anlage (siehe Beispiel Stranggießanlage unter 4.2.1).
Durch die Klassifizierung des Erzeugnisses zu Anfang der Angebotserstellung wird jeder unnötige Planungsaufwand vermieden, denn es ist danach sofort möglich zu überprüfen, ob und inwieweit bereits vorhandene Projektzeichnungen, Projektstücklisten und Berechnungsunterlagen wiederverwendet werden können. Im günstigsten Fall ist damit die technische Angebotsplanung schon beendet.
Ist diese Situation nicht gegeben, schließt sich die Untergliederung des Erzeugnisses in Baugruppen und deren Klassifizierung an. Der Vorgang der Überprüfung auf vorhandene Unterlagen wiederholt sich nun auf der Ebene der einzelnen Baugruppen. Dabei wird so verfahren, daß die Prüfung sich zunächst auf die Ebene der Hauptgruppen erstreckt. Erst wenn hier kein positives Ergebnis zu erzielen ist, werden die weiter aufgelösten Baugruppen betrachtet. Die Überprüfung erfolgt als sukzessiv in

Gliederungsrichtung. Für nicht in der Kartei befindliche Gruppen ist dann letztlich eine Neuprojektierung durchzuführen.

Projektzeichnungen, -stücklisten und Baugruppenzeichnungen werden dann als klassifiziertes technisches Angebot gleichzeitig der Angebotskalkulation und der Angebotsterminplanung zugeleitet, so daß die Durchlaufzeit für das Angebot auf ein Minimum eingeschränkt wird. Auch hier versucht der entsprechende Sachbearbeiter zunächst über die Klassifizierungsnummer auf Kostenkarten bzw. Durchlaufkurven identischer Erzeugnisse zurückzugreifen. Ist das nicht möglich, erfolgt der Rückgriff auf der Stufe der Baugruppen. Dem Kalkulator stehen dazu für gleiche Gruppen die Kartei der Kostenkarten, für ähnliche Gruppen die Kostenfunktionen zur Verfügung. Sämtliche verwendbaren Daten sind dann an Hand des Kalkulationsdatums auf ihre Aktualität hin zu überprüfen und gegebenenfalls zu korrigieren.

Bei eventuell durchzuführenden Neukalkulationen kommt dem Sachbearbeiter sein durch die Kostenfunktionen angeeignetes Denken in Einflußgrößen zustatten. Er weiß um die Signifikanz bestimmter Parameter und ist so in der Lage, die Kosten genau zu ermitteln.

Liegen die Herstellkosten des Erzeugnisses fest, so erfolgt entsprechend der im Kalkulationsschema enthaltenen weiteren Positionen die Errechnung des Angebotspreises. Die dazu benötigten Zuschläge für Verwaltungs-, Vertriebskosten etc. liegen aus der Betriebsabrechnung vor.

Zur Ermittlung der Lieferfrist werden die Durchlaufkurven in die bestehenden Belastungsprofile der Produktionsbereiche eingelastet. Dabei sind schon verplante Aufträge sowie die bereits abgegebenen Angebote zu berücksichtigen. Für das neu zu terminierende Angebot – in Abb. 42 oben dargestellt durch das Belastungsprofil – ergeben sich zwei Extremfälle:

1. Wird keines der laufenden Angebote in eine Bestellung umgewandelt, so kann das neue Angebot unmittelbar in das durch die verplanten Aufträge gebildete Belastungsprofil eingelastet werden; es ergibt sich die minimale Lieferzeit (Abb. 42a).
2. Werden alle laufenden Angebote in Bestellungen umgewandelt, so muß ein neues Angebot in das durch alle verplanten Aufträge und Angebote gebildete Belastungsprofil eingelastet werden. Daraus ergibt sich die maximale Lieferzeit (Abb. 42b).

In der Praxis treten diese beiden Extremfälle nur selten auf. Es wird vielmehr, wie ausführlich dargestellt, zumeist ein von der Branche abhängiger bestimmter Prozentsatz der Angebote in Bestellungen umgewandelt, der jedoch Schwankungen unterworfen ist.

In Abb. 43 ist an Hand eines Beispiels gezeigt, wie die Angebotsterminierung unter Berücksichtigung dieser Gegebenheiten durchzuführen ist.

Die Einlastung der Bedarfswerte in das durch bereits verplante Aufträge und Angebote gebildete Belastungsgebirge erfolgt zunächst in einer Vorwärtsrechnung, wobei der wahrscheinliche Liefertermin bestimmt wird. Von diesem Termin aus wird in einer anschließenden Rückwärtsrechnung der Beginntermin überprüft bzw. ein spätest zulässiger Bestelltermin ermittelt.

Damit sind alle Daten des Angebotes bestimmt. Technischer Ausführungsvorschlag, Angebotspreis und Lieferfrist werden zum Angebot zusammengestellt (Abb. 41) und unter Hinzufügen der juristischen Bedingungen dem Kunden zugeleitet.

Dieses Angebot zeichnet sich dadurch aus, daß es mit nur geringem Aufwand erstellt wurde und im Falle einer Bestellung entsprechend seinen Daten realisiert werden kann.

Additional material from *Systematisierung der Angebotsplanung im Rahmen des integrierten Informationsflusses der Unternehmen,*

ISBN 978-3-531-02179-9, is available at http://extras.springer.com

EXTRA MATERIALS
extras.springer.com

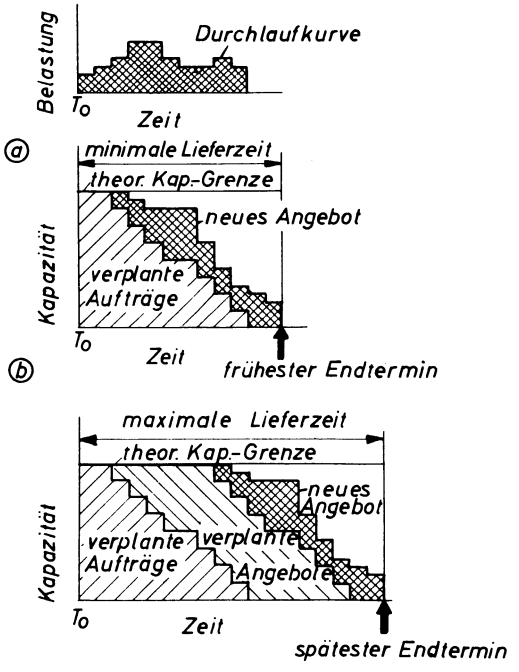


Abb. 42 Einlastung ohne (a) und mit (b) Berücksichtigung konkurrierender Angebote

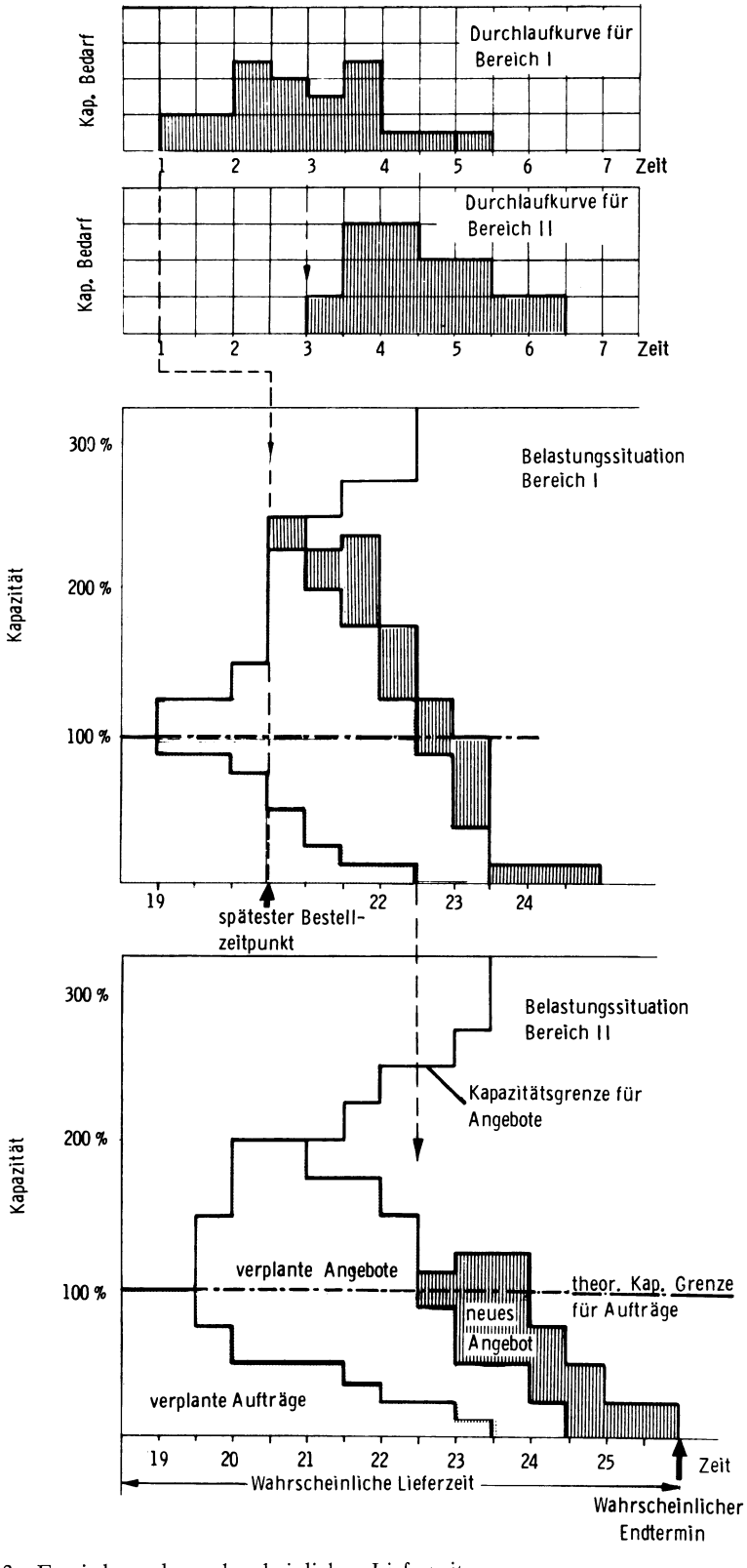


Abb. 43 Ermittlung der wahrscheinlichen Lieferzeit

6. Zusammenfassung

Dem Kunden bietet sich heute fast in jeder Branche eine Vielzahl von Unternehmen, bei denen er das von ihm benötigte Produkt beziehen kann.
In der Regel holt er daher zunächst mehrere Angebote ein, bevor er eine Bestellung an ein bestimmtes Unternehmen vergibt. Daraus erwächst ganz allgemein für das Lieferunternehmen die Forderung zur Erstellung präziser Angebote, die den Interessenten in kürzester Zeit erreichen müssen.
In der Serienfertigung ergeben sich bei der Erstellung des katalogmäßigen Angebotes für die Produkte des laufenden Produktionsprogramms kaum Probleme. Die technische Ausführung ist sowohl für das Standardgerät als auch seine mögliche Variante bis ins letzte Detail konstruktiv festgelegt.
Schwierigkeiten bezüglich der Ermittlung des Liefertermins bestehen kaum, da die Erzeugnisse komplett und/oder in Baugruppen vormontiert auf Lager liegen bzw. sofort nach Fertigstellung ausgeliefert werden.
Der Angebotspreis kann an Hand der ausführlichen Unterlagen aus Konstruktion und Arbeitsvorbereitung exakt ermittelt werden.
Die Unternehmen der Auftragsfertigung sind durch individuelle Einzelfertigung gekennzeichnet. Die Aufträge haben keinen oder nur geringen Wiederholcharakter. Dem Angebot geht eine konkrete Anfrage bezüglich eines nach den Wünschen des Kunden zu fertigenden Produktes voraus.
Wie die Untersuchungen gezeigt haben, bestehen hier noch erhebliche Schwierigkeiten, die Daten des Angebotes schnell und genauer zu ermitteln. Dafür sind im wesentlichen folgende Gründe maßgebend:

1. Die Spezifikation des Projektes benötigt in vielen Fällen sehr viel Zeit. Dadurch verschiebt sich der Abgabetermin des Angebotes unnötig weit hinaus.
2. Auf Grund der ganz spezifischen Kundenwünsche liegen nur wenig echte Vergleichswerte aus früheren Aufträgen und Angeboten vor.
3. Das Wiederauffinden vorhandener gleicher oder ähnlicher Unterlagen erfordert viel Zeit, da deren Ablage im allgemeinen geschlossen unter der Auftragsnummer erfolgt und somit ein gezielter Zugriff zu einzelnen Baugruppen nicht möglich ist.
4. Eine detaillierte Angebotsplanung bedingt auf Grund der geringen Realisierungschance des Angebots einen nicht zu vertretenden Aufwand.
5. Die angewandten Planungsmethoden der Angebotskalkulation und -terminierung sind ungenau. So werden bei der Ermittlung des Liefertermins häufig weder konkurrierende Angebote noch alle an der Auftragsabwicklung beteiligten Produktionsbereiche in die Planung einbezogen. Die Bestimmung der Herstellkosten auf der Basis der sogenannten Kilokosten ist ebenfalls nur für ganz bestimmte Sonderfälle zulässig.

Ausgehend von dieser Problematik der gegenwärtigen Angebotsplanung wurden geeignete Maßnahmen und eine systematische Vorgehensweise aufgezeigt. Ein entscheidender Punkt war dabei die systematische Aufbereitung und Nutzung aller bei der Auftragsabwicklung anfallenden Istdaten. Zweckmäßige Hilfsmittel, zum Beispiel in Form der Klassifizierungssysteme für Anlagen/Geräte und Baugruppen, wurden ausführlich dargestellt.
In Verbindung mit einer einheitlichen Erzeugnisgliederung und über Klassifizierungsnummern hat der einzelne Sachbearbeiter jederzeit die Möglichkeit, gezielt auf jede beliebige Baugruppe zurückzugreifen und damit den Anteil der ständigen Neuplanung

sowohl bei der Erstellung des technischen Angebotes als auch bei der Ermittlung des Angebotspreises sowie des Liefertermins auf ein Minimum zu beschränken. Die systematische Aufbereitung der Istdaten hat mit den Kostenkarten bzw. Kostenfunktionen für die Angebotskalkulation und den Durchlaufkurven für die Angebotsterminierung gute Ergebnisse für eine genaue Festlegung der entsprechenden Angebotsdaten gebracht.

Aus den Kostenkarten sind über die Klassifizierungs- und Identnummer die exakten Herstellkosten gleicher Baugruppen bzw. Erzeugnisse zu entnehmen. Die mittels der mathematisch-statistischen Methoden der Einflußgrößenrechnung aufgestellten Kostenfunktionen ermöglichen die genaue Festlegung der Herstellkosten ähnlicher Baugruppen, wie an einem praktischen Beispiel ausführlich aufgezeigt wurde.

Im abschließenden Sollablauf wurde an Hand einer übersichtlichen Darstellung die Vorgehensweise bei einer systematischen Angebotsplanung erläutert. Sie ist durch eine weitestgehende Nutzung aller im Unternehmen vorhandenen Daten gekennzeichnet und führt zu einem Angebot, das im Falle einer Bestellung auch tatsächlich realisiert werden kann.

7. Literaturverzeichnis

[1] BRANKAMP, K., Ein Terminplanungssystem für Unternehmen der Einzel- und Serienfertigung. Physica-Verlag, Würzburg–Wien 1968.

[2] BRANKAMP, K., und H.-P. WIENDAHL, Systematische Erzeugnisgliederung als Voraussetzung für eine rationelle Auftragsabweichung. Industrie-Anzeiger 91 (1969), 106.

[3] OPITZ, H., K. BRANKAMP und J. ARLT, Untersuchung über die Einsatzmöglichkeiten elektronischer Datenverarbeitungsanlagen in der Produktions-Terminplanung. Westdeutscher Verlag, Köln und Opladen 1970.

[4] Autorenkollektiv, Terminplanung mit elektronischer Datenverarbeitung. Industrie-Anzeiger 90 (1968), 67.

[5] HORNAUER, H., Wirtschaftliches Wirtschaften in der Produktionstechnik. Merkblätter zum RKW-Seminar.

[6] BÜHRER, F., Die Produktionsplanung in der Industrie. Technischer Verlag G. Großmann GmbH, Stuttgart-Vaihingen.

[7] SCHLEPPEGRELL, J., Systematische Angebotsplanung in Maschinenbauunternehmen. Unveröffentlichtes Vortragsmanuskript, TH Aachen 1969.

[8] SCHLEPPEGRELL, J., und K.-H. KAMBARTEL, Systematische Angebotsplanung in Maschinenbauunternehmen. Industrie-Anzeiger 92 (1970) 79.

[9] Autorenkollektiv, Werkstücksystematik und Teilefamilienfertigung, Tagungsbericht 1967. Industrie-Anzeiger 89 (1967), 41.

[10] MICHELS, W., Anlagen- und Geräteklassifizierung – ein Instrument zur Rationalisierung im Planungs- und Produktionsbereich. Unveröffentlichtes Manuskript, TH Aachen, Mai 1970.

[11] OPITZ, H., K. BRANKAMP und H.-P. WIENDAHL, Aufbau und Anwendung eines funktionsorientierten Baugruppenklassifizierungssystems. Industrie-Anzeiger 92 (1970), 31.

[12] HEYN, W., Eine Systematik zur Erstellung und Berechnung von Netzplänen. Diss. TH Aachen 1969.

[13] WIDMER, H. U., Kostenprognosen mit mathematisch-statistischen Methoden für Angebotskalkulation und Budget. Diss. ETH Zürich 1962.

[14] KREYSZIG, E., Statistische Methoden und ihre Anwendungen. Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen 1968.

[15] LINDER, A., Statistische Methoden. Birkhäuser-Verlag, Basel 1960.

[16] JOHN, B., Zeit- und Kostenformeln durch Regressions- und Korrelationsrechnung. Lehrunterlage des Kurt-Hegner-Instituts für Arbeitswissenschaft, Darmstadt 1970.

[17] GRAF, HENNING, STANGE, Formeln und Tabellen der mathematischen Statistik. Springer Verlag, Berlin–Heidelberg–New York 1966.

[18] ENGELS, W., Exakte Kalkulation und eine praktikable Näherungslösung. Zeitschrift für Betriebswirtschaft, Wiesbaden 1963.

[19] SCHMALENBACH, E., Kostenrechnung und Preispolitik. Westdeutscher Verlag, Köln und Opladen 1963.

[20] NÄHRIG, W., und H. ZIEGLER, Kosten- und Leistungsrechnung bei langfristiger Einzelfertigung. Schriftenreihe der Arbeitsgemeinschaft Planungsrechnung e. V., Band 4, Verlag Gabler, Wiesbaden 1963.

[21] LEHMANN, M. R., Industriekalkulation. Verlag W. Girardet, Essen 1964.

Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen

Herausgegeben im Auftrage des Ministerpräsidenten Heinz Kühn
und des Ministers für Wissenschaft und Forschung Johannes Rau
von Leo Brandt

Sachgruppenverzeichnis

Acetylen · Schweißtechnik
Acetylene · Welding gracitice
Acétylène · Technique du soudage
Acetileno · Técnica de la soldadura
Ацетилен и техника сварки

Arbeitswissenschaft
Labor science
Science du travail
Trabajo científico
Вопросы трудового процесса

Bau · Steine · Erden
Constructure · Construction material · Soilresearch
Construction · Matériaux de construction · Recherche souterraine
La construcción · Materiales de construcción · Reconocimiento del suelo
Строительство и строительные материалы

Bergbau
Mining
Exploitation des mines
Minería
Горное дело

Biologie
Biology
Biologie
Biologia
Биология

Chemie
Chemistry
Chimie
Quimica
Химия

Druck · Farbe · Papier · Photographie
Printing · Color · Paper · Photography
Imprimerie · Couleur · Papier · Photographie
Artes gráficas · Color · Papel · Fotografía
Типография · Краски · Бумага · Фотография

Eisenverarbeitende Industrie
Metal working industry
Industrie du fer
Industria del hierro
Металлообработывающая промышленность

Elektrotechnik · Optik
Electrotechnology · Optics
Electrotechnique · Optique
Electrotécnica · Optica
Электротехника и оптика

Energiewirtschaft
Power economy
Energie
Energía
Энергетическое хозяйство

Fahrzeugbau · Gasmotoren
Vehicle construction · Engines
Construction de véhicules · Moteurs
Construcción de vehículos · Motores
Производство транспортных средств

Fertigung
Fabrication
Fabrication
Fabricación
Производство

Funktechnik · Astronomie
Radio engineering · Astronomy
Radiotechnique · Astronomie
Radiotécnica · Astronomía
Радиотехника и астрономия

Gaswirtschaft
Gas economy
Gaz
Gas
Газовое хозяйство

Holzbearbeitung
Wood working
Travail du bois
Trabajo de la madera
Деревообработка

Hüttenwesen · Werkstoffkunde
Metallurgy · Materials research
Métallurgie · Matériaux
Metalurgia · Materiales
Металлургия и материаловедение

Kunststoffe
Plastics
Plastiques
Plásticos
Пластмассы

Luftfahrt · Flugwissenschaft
Aeronautics · Aviation
Aéronautique · Aviation
Aeronáutica · Aviación
Авиация

Luftreinhaltung
Air-cleaning
Purification de l'air
Purificación del aire
Очищение воздуха

Maschinenbau
Machinery
Construction mécanique
Construcción de máquinas
Машиностроительство

Mathematik
Mathematics
Mathématiques
Matemáticas
Математика

Medizin · Pharmakologie
Medicine · Pharmacology
Médecine · Pharmacologie
Medicina · Farmacología
Медицина и фармакология

NE-Metalle
Non-ferrous metal
Metal non ferreux
Metal no ferroso
Цветные металлы

Physik
Physics
Physique
Física
Физика

Rationalisierung
Rationalizing
Rationalisation
Racionalización
Рационализация

Schall · Ultraschall
Sound · Ultrasonics
Son · Ultra-son
Sonido · Ultrasónico
Звук и ультразвук

Schiffahrt
Navigation
Navigation
Navegación
Судоходство

Textilforschung
Textile research
Textiles
Textil
Вопросы текстильной промышленности

Turbinen
Turbines
Turbines
Turbinas
Турбины

Verkehr
Traffic
Trafic
Tráfico
Транспорт

Wirtschaftswissenschaften
Political economy
Economie politique
Ciencias económicas
Экономические науки

Einzelverzeichnis der Sachgruppen bitte anfordern

Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH